



ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

З

1971

АСТРОНОМИЯ

ГЕОФИЗИКА

ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

ПОЛЕТ КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «СТАНЦИЯ—КОРАБЛЬ»



Стартует «Союз-10»

23 апреля 1971 г. в Советском Союзе стартовала ракета-носитель с космическим кораблем «Союз-10», пилотируемым экипажем в составе: командира корабля, дважды Героя Советского Союза летчика-космонавта СССР, полковника Шаталова Владимира Александровича; бортинженера, дважды Героя Советского Союза летчика-космонавта СССР, кандидата технических наук Елисеева Алексея Станиславовича и инженера-испытателя Рукавишникова Николая Николаевича. После выхода на околоземную орбиту космонавты проверили бортовые системы и провели необходимую подготовку космического корабля к совместным экспериментам со станцией «Салют», выведенной на орбиту вокруг Земли 19 апреля 1971 г.

24 апреля космический корабль «Союз-10» был состыкован с орбитальной станцией «Салют». Сближение корабля со станцией до расстояния 180 м осуществлялось в автоматическом режиме управления, а затем космонавты сами выполнили сближение и причаливание.

Полет космической системы «станция — корабль» в состыкованном состоянии продолжался 5 часов 30 минут. В ходе полета проводилась проверка бортовых систем, оценивались динамические характеристики. На Землю передавались изображения станции «Салют» и отдельных элементов ее конструкции. Космонавты провели запланированные научные наблюдения и эксперименты, фото- и киносъемку. После выполнения намеченных экспериментов экипаж произвел расстыковку и отвод корабля «Союз-10» от станции.

25 апреля, выполнив программы научно-технических исследований совместно со станцией «Салют», космический корабль «Союз-10» совершил мягкую посадку на территории Советского Союза в 120 км северо-западнее города Караганды.

Проведенные в этом полете важные исследования и эксперименты являются этапом общей программы работ с орбитальной научной станцией «Салют».



В. А. Шаталов



А. С. Елисеев



Н. Н. Рукавишников

Фотоархива ТАСС

ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

Научно-популярный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1965 году

Выходит 6 раз в год



МАЙ — ИЮНЬ

3

Издательство «Наука»
Москва

В номере

А. А. Аксенов — 50 лет советской океанологии	2
Л. М. Бреховских, К. Н. Федоров — Полигон-70. Эксперимент в океане	6
Р. В. Стюарт — Атмосфера и океан	17
Н. С. Сидоренков — Часы, время и неравномерность вращения Земли	26
Д. Я. Мартынов — Астрономия середины XX столетия	33
М. Я. Маров — Автоматические аппараты исследуют Венеру	42
Л. А. Ведешин, Н. И. Фаткин, А. М. Петряхин — «Вертикаль-1»	48
В. В. Громов, А. К. Леонович, В. В. Шаарев — «Луноход-1» на Земле и на Луне	53
К. Е. Сперанский — Лазерный отражатель на «Луноходе-1»	57
Б. Н. Родмонов — Космическая съемка	59

ЛЮДИ НАУКИ

Алексей Павлович Ганский	65
------------------------------------	----

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

Л. П. Маркелова — Международная космонавтика: приметы семидесятых годов	69
К. Я. Кондратьев — Исследования природной среды из космоса	71
В. Г. Корт — «Мир океана»	73

ЭКСПЕДИЦИИ

В. А. Васнецов — Первое плавание «Персея»	76
---	----

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Н. П. Барабашов — Великое противостояние Марса 1971 года	82
С. С. Войнов — Юные любители астрономии Новосибирска	86

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

Л. В. Самсоненко — «Механика космического полета в элементарном изложении»	92
--	----

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Интервью с ветеранами океанологии [4—5, 13—16]; Начало лунной сейсмологии [25]; Лунный микрометеорит [25]; Важный Договор [32]; Полет «Аполлона-14» [32]; Новые звезды и образование пылевой материи [41]; Ртуть в облаках Венеры! [47]; Перед шестой лунной ночью [55]; Катастрофа — «красный прилив» [64]; Соляные отложения в Атлантике [64]; Масса и плотность астероидов [68]; Аномальная вода в облаках Венеры! [75]; Еще один вулкан на дне Средиземного моря [84]; Страничка наблюдателя переменных звезд [85]; Семинар лекторов в Ярославле [91]; Хроника землетрясений [94]; Белый карлик в двойной системе звезд [95]; Генеральная ассамблея Международного геодезического и геофизического союза [96].

На обложке: 1-я стр. — Флагман советского научного флота «Дмитрий Менделеев» (к статье Л. М. Бреховских и К. Н. Федорова). Фото К. Федорова

«Обеспечить в новом пятилетии: развитие научных работ по океанологии, физике атмосферы, географии для разработки проблем более широкого и рационального использования естественных ресурсов, в том числе ресурсов морей и океанов; разработку научных основ охраны и преобразования природы в целях улучшения естественной среды, окружающей человека, и лучшего использования природных ресурсов».

Из Директив XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971—1975 годы.

50 ЛЕТ СОВЕТСКОЙ



Первенец советского океанографического флота — легендарный «Персей» в водах Баренцева моря. 1923 год

В марте 1921 г. В. И. Ленин подписал декрет Совнаркома об организации Плавучего морского института. Рождение Плавморнина и начало плаваний первого советского исследовательского судна «Персей» — выдающиеся события советской науки. На «Персее» создавалась советская школа исследователей океана. Ведущие советские ученые А. П. Виноградов, Л. А. Зенкевич, В. В. Шулейкин, Я. В. Самойлов, С. А. Зернов, А. И. Рассолимо, И. И. Месяцев, Н. Н. Зубов, Е. М. Крепс, В. Г. Богоров, Б. К. Флеров, А. Д. Добровольский, С. В. Бруевич, создавшие впоследствии собственные научные школы, участвовали в работах Плавморнина и первых плаваниях «Персея».

Экспедиция на «Персее» в 1923 г. — первые шаги советской океанологии. Значение ее для того времени было очень велико. Продолжая работы Н. М. Книповича в Баренцевом море, И. И. Месяцев и Л. А. Зенкевич разработали программу комплексного исследования: на каждой станции работали гидрологи и планктонологи, гидрохимики и зоологи, геологи и ихтиологи.

В первом плавании «Персея» были получены наиболее полные для того времени сведения о температуре, солености, химическом составе воды, биологии, а также о грунтах и животном мире глубин. Важен был не столько сам материал, сколько начало систематических комплексных исследований в Баренцевом море. Такие исследования постепенно распростерлись на все моря и позволили выявить зависимости между рельефом дна, распространением теплых атлантических вод и распределением стад промысловых рыб. Уже в 1930 г. «Персей» обнаружил новые скопления промысловых рыб на Гусиной банке, Новоземельском мелководье, Центральной возвышенности, Шпицбергенской банке.

Исследования «Персея» стали фундаментом всех многочисленных последующих экспедиций, работавших в Баренцевом море.

С тех пор советские исследования Мирового океана стали самостоятельной большой областью современного естествознания. Теперь десятки исследовательских судов работают в самых разных районах океана от Арктики до Антарктики. Создан ряд крупных научных институтов в Академии наук, в системе Министерства рыбного хозяйства, Главного управления Гидрометслужбы, в Гидрографической службе, в Министерстве морского флота и Министерстве геологии.

ОКЕАНОЛОГИИ

В распоряжении океанологов десятки экспедиционных судов, среди них серия перво-классных судов типа «Академик Курчатов», специально спроектированных и построенных для научных исследований. На таком судне около 30 современных научных лабораторий, вычислительный центр и мощный комплекс специальных палубных устройств. Кроме того, с использованием искусственных спутников Земли перед океанологами открылись заманчивые перспективы для решения таких задач, как изучение поля волнения, дрейфа льдов, распределения зон сжатия и разрежения льда, выхода глубинных вод на поверхность и т. д.

От Плавморнина и «Персея» до целой системы морских институтов и большого научно-го флота — таков прогресс советской океанологии*.

Если попытаться назвать полученные за 50 лет научные результаты, то один перечень их займет целый том. Первый период (1921—1941 гг.) ознаменовался такими событиями, как исторический дрейф станции «Северный полюс» в Центральном полярном бассейне. Начальник станции И. Д. Папанин и его товарищи П. П. Ширшов, Е. К. Федоров, Э. Г. Кренкель совершили подлинный научный подвиг и дали мировой науке первые полные сведения о природе Северного Ледовитого океана в районе полюса. Затем последовал длительный дрейф парохода «Георгий Седов», во время которого ученые собрали уникальные материалы по Ледовитому океану. В то же время были выполнены обстоятельные исследования морей, омывающих берега нашей страны: Баренцева, Белого, Черного,



Современное научно-исследовательское судно — «Андрей Вилькицкий» на поливоне в Атлантическом океане. 1970 год

Азовского, Японского, Каспийского, морей Арктики, Охотского и Берингова. Многочисленные экспедиции изучали особенности режима наших морей, полученные материалы составили основу для организации рационального рыболовства. Одновременно решались фундаментальные проблемы биологии моря, формировалась новая отрасль геологической науки — геология моря, разрабатывались основные вопросы физики моря и т. д.

Новый период развития советской океанологии связан с выходом «Витязя» в открытый океан. В экспедициях на «Витязе» советские океанологи сделали целую серию важных

* А. С. Монин, И. М. Белоусов. Открытия в океанах. «Земля и Вселенная», № 5, 1967 г.

открытий. Были обнаружены возвышенности, горные хребты, впадины на дне Тихого океана, ранее неизвестные. Открыта жизнь на максимальных глубинах океана, обнаружен новый тип животных — погонофоры, установлены основные закономерности распределения донных отложений, открыты огромные залежи железо-марганцевых конкреций, установлены закономерности формирования биологической продуктивности океана.

На «Витязе» сформировалось поколение ученых-океанологов, а сами исследования стали глубоким изучением процессов, происходящих в океане, и их взаимной связи. Такой комплексный аналитический и в большей мере количественный метод исследования означал переход к современной океанологии. Были опубликованы обобщающие географические описания океана, из которых важнейшие — «Морской атлас» и «Атлас Антарктики».

В последнее десятилетие советская океанология заняла особое положение среди наук о Земле. Состояние наших знаний о природе Мирового океана таково, что океанологи вносят очень важный вклад в решение фундаментальных проблем этого цикла наук. Точнее говоря, без привлечения современных данных океанологии нельзя решить эти проблемы.

Изучение Мирового океана необходимо и для практических целей. Обеспечение мореплавания, особенно подводного, морской промышленности, добыча полезных ископаемых настоятельно требуют все более точных знаний о Мировом океане.

Разработка надежного метода долгосрочного прогноза погоды невозможна без четкого понимания законов взаимодействия океана и атмосферы. Океан накапливает тепло, течения переносят его в высокие широты, где происходит нагревание воздуха и образуются циклоны, приход которых на сушу резко меняет погоду.

Необходимо наладить систему наблюдений в открытом океане, и это предусмотрено международным проектом, в разработке и осуществлении которого активно участвуют советские океанологи. Уже получены важные результаты численного эксперимента по моделированию взаимодействия океана и атмосферы. Таким образом, океанологи вносят существенный вклад в разработку общей теории климата.

Детальные исследования циркуляции вод выполнены в Тихом и Атлантическом океанах. Открыто экваториальное противотечение Ломоносова и изучена система западных пограничных течений. Новые факты послужили основой для теоретического обобщения системы

экваториальных течений океанов. Выполненная в 1970 г. работа по изучению динамики морских течений в Атлантическом океане заставила изменить представление о их характере. Вероятно, и в океане происходит движение огромных вихрей, подобных циклонам и антициклонам в атмосфере.

Очень важные открытия сделаны океанологами в процессе геологических исследований. На дне океанов обнаружены огромные горные сооружения — срединно-океанические хребты. Гребни этих хребтов часто рассечены глубокими ущельями — рифтовыми долинами. На дне рифтовых долин оказались горные породы, близкие по своему составу к веществу так называемой верхней мантии Земли.

Удалось также установить, что рифтовые зоны — очень динамичные участки земной коры. Здесь высокая сейсмичность, нередко наблюдаются выходы глубинных термальных вод, зафиксирован мощный тепловой поток из недр Земли. Эти новые данные позволили

ИНТЕРВЬЮ С ВЕТЕРАНАМИ ОКЕАНОЛОГИИ.

Редакция нашего журнала обратилась к участникам первых советских экспедиций Плавающего морского научного института (Плаваморини) со следующими вопросами:

1. Какое событие, связанное с рождением советской морской науки, Вам особенно памятно?

2. Какие традиции Плаваморини нужно поддерживать в морских институтах и морских экспедициях?

3. Что пожелаете Вы молодежи!

Академик Василий Владимирович ШУЛЕЙКИН

1. Конечно, самое памятное событие — день 10 марта 1921 года, когда Владимир Ильич Ленин подписал декрет СНК РСФСР об основании Плавающего морского научного института (Плаваморини). Но тот же

1921 год оказался и годом рождения советской физики моря — новой отрасли геофизики, приоритет в которой принадлежит нашей стране. Первые измерения прозрачности океанской воды были выполнены в начале прошлого века русскими военными моряками в кругосветных

обосновать ряд представлений о развитии Земли в геологическом прошлом. По-видимому, рифтовые зоны и есть те тектонически активные области, в которых наиболее сильно проявляется действие внутренних сил Земли.

В настоящее время в любой тектонической гипотезе учитываются эти новые данные, что свидетельствует о крупных успехах советской океанологии.

В открытом океане на глубинах в несколько километров советскими океанологами детально исследованы огромные рудные залежи железомарганцевых конкреций — новый тип месторождений, имеющий практическую ценность как резерв минерального сырья.

Биологические исследования, проведенные советскими океанологами, дали очень яркие результаты, показавшие основные законы развития и динамики экологических систем в океане. Определены общая биомасса планктона, первичная продукция, построены карты продуктивности океанов, установлены важ-

нейшие пищевые соотношения массовых видов фито- и зоопланктона, изучены районы промысловых скоплений рыб и морских животных. Словом, получены основные данные для рационального планирования промысла рыбы и других морских продуктов во всех районах Мирового океана.

В настоящее время интенсивно ведутся исследования динамики экологических систем открытого океана с целью разработки методов искусственного регулирования биологической продуктивности. Иначе говоря, предполагается научно обосновать меры и приемы перехода от охоты в океане к культурному хозяйству.

Установлено, что фауна океана, и особенно глубоководных впадин, очень древняя. Здесь живут почти не изменившиеся за десятки миллионов лет реликты третичной фауны. Это дает основной материал для восстановления полной картины развития жизни на Земле.

Научные достижения советских океанологов хорошо известны за рубежом и неизменно высоко оцениваются специалистами других стран. Серия работ А. П. Лисицына по теории современного осадкообразования удостоена премии имени Шепарда (в США). Монографии Л. А. Зенкевича и В. П. Зенковича изданы в Англии и признаны крупнейшими фундаментальными работами современной океанологии. Широким международным признанием пользуются работы В. Б. Штокмана по теории морских течений и ряд других советских исследований.

О высокой оценке вклада советских ученых в изучение Мирового океана свидетельствует активное участие в международных организациях: в Межправительственной океанографической комиссии, Научном комитете по океанографическим исследованиям, Международном геодезическом и геофизическом союзе, в региональных союзах по отдельным морям.

Советские океанологи деятельно участвуют в серии международных проектов и экспедиций: в Индоокеанской экспедиции, исследовании течения Курисио, верхней мантии Земли, рифтовых зон, Южного океана, Карибского моря и других.

Очевидны значительные успехи советской океанологии за прошедшее пятидесятилетие. Задачи современного естествознания и интересы народного хозяйства нашей страны требуют дальнейшей работы и новых достижений.

А. А. АКСЕНОВ
доктор географических наук

плаваньях. Первая теория световых явлений в море была предложена нами в 1921 г. Она явилась пионерской работой по физике моря, которая с той поры успешно развивается в СССР: сперва на Черноморской гидрофизической станции, затем в выросшем из нее Морском гидрофизическом институте, а в настоящее время — во многих учреждениях.

2. В Плавание уж так повелось: пойдешь в море с какой-то научной темой, не дающей покоя, возвращаешься из экспедиции с ответом на волнующий вопрос, да еще с новыми задачами, которые возникли на морских путях и настой-

чиво требуют ответа. Чтобы скорее справиться с новыми трудностями, было принято план работы над старой темой выполнять уже на борту судна, до возвращения на берег.

3. Пожелаем продолжения вот этих традиций Плавание. А чтобы их продолжить, никогда не следует отправляться в экспедиции с приключенческими целями, никогда нельзя ходить в плавание без четко намеченной цели. Приключения в море неизбежны. Они придут сами, без приглашения. А вот научная идея никак не возникнет, если нет целеустремленности в науке.

ПОЛИГОН-70

Эксперимент в океане

В 1970 г. в самом центре Атлантического океана советские ученые проводили необычный эксперимент, в котором получены ценнейшие сведения о динамике вод океана. В течение полугода непрерывно функционировала наблюдательная сеть из 17 якорных буйковых станций, работало шесть научно-исследовательских судов и сотни людей.

ПОХОЖИ ЛИ ОКЕАН И АТМОСФЕРА?

Если взглянуть на карту океанических течений, взятую из любого курса мореведения или из «Морского атласа», то нетрудно заметить, что изображенной там общей циркуляции вод океанов придан четко выраженный струйный характер. Основные течения в океане (Гольфстрим, Куроиси, Канарское, Северное пассатное и т. д.) подобно гигантским рекам переносят огромные массы воды на тысячи километров.

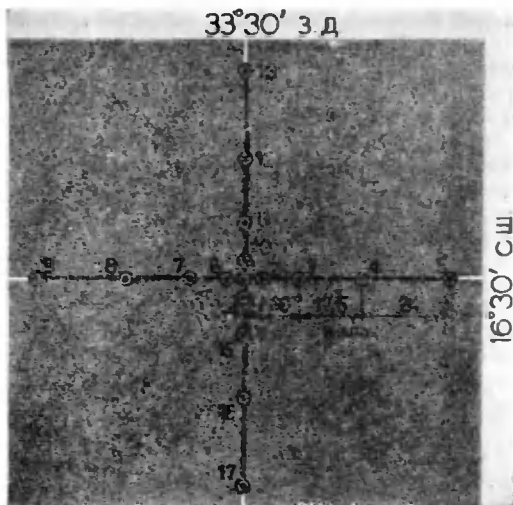
Наше представление о движении воздуха в атмосфере намного сложнее. Хотя мы знаем о существовании таких устойчивых ветров, как пассаты в тропиках, или о периодической изменчивости муссонов, мы уже свыклись с вихревой крупномасштабной структурой воздушных потоков на обширных пространствах умеренных и высоких широт и относимся к статическому представлению поля ветра на картах (например, «розы ветров») как к чему-то само собой разумеющемуся. Циклоны и антициклоны не вызывают у нас удивления так же, как не удивляет нас и внезапная смена направления ветра в Москве или Ленинграде с западного на северное или восточное, хотя мы хорошо осведомлены о существовании среднего переноса воздуха с запада на восток в этих широтах.

Соответствует ли такое различие наших представлений истинному различию в поведении океана и атмосферы?

В последнее время ученые стали подозревать, что это не так. Дело в том, что все преж-

ние сведения о течениях в океане были получены главным образом косвенными методами (снос кораблей, дрейф плавающих предметов, динамический метод расчета и т. д.). И вот накапливающиеся наблюдательные данные посеяли сомнения в достоверности наших прежних знаний о течениях в океане. Классические концепции не выдерживали сопоставления с результатами длительных измерений с якорных буйковых станций. Такие работы были начаты в нашей стране по инициативе В. Б. Штокмана. Скромный эксперимент на Черном море (1956 г.) дал первые сведения об изменчивости течений, измеренных на разных горизонтах в одной точке. Эксперимент продолжался всего один месяц. Последовали и более длительные эксперименты с нескольких буюв, где применялась современная техника: советские — в Северной Атлантике (1958 г.) и в Индийском океане (1967 г.), американские — в районе Гольфстрима (начаты в 1963 г. и продолжаются по сей день).

Проведенные наблюдения давали основание предполагать, что в открытом океане крупномасштабные вихревые образования действительно играют важную динамическую роль в общем балансе завихренности движения. Получалось так, что, вопреки ожиданиям, океан может оказаться весьма схожим с атмосферой, где такие вихревые «возмущения», как циклоны и антициклоны, обладают большей энергией, чем результирующий средний перенос. Так начало зарождаться новое представление об океане, как о среде, в которой крупномасштабная турбулентность является преобладающим видом движения, требующим статистического описа-



Гидрофизический полигон в Атлантическом океане (квадрат) и схема установки 17 буйковых станций («крест»)

ния. Стала выкристаллизовываться и новая методика изучения изменчивости океанских течений: вместо разовых измерений в отдельных точках — сети якорных буйковых станций, которые устанавливаются на длительный период времени в определенных, специально выбранных участках океана («полигонах»). При этом неодинаковые расстояния между станциями, а также длительность и частота измерений соответствуют интересующим исследователя пространственным и временным масштабам движения. Такие измерения позволяют изучить распределение энергии по спектру движений различных частот и масштабов, что дает возможность выяснить природу различных вихрей и их роль в динамике общей циркуляции вод океана.

КАК БЫЛ ПОСТАВЛЕН ЭКСПЕРИМЕНТ

В 1970 г. советские океанологи сосредоточили корабли, измерительную технику и научный персонал для продолжительного эксперимента. В Атлантическом океане выбрали квадрат (длина стороны около 200 км) с центром в точке $16^{\circ}30'$ с. ш. и $33^{\circ}30'$ з. д. Здесь в течение 6 месяцев (февраль — сентябрь) с 17 якорных буйковых станций непрерывно измерялись течения и другие гидрофизические характеристики. Программа основных исследований была разработана в Институте океанологии АН СССР академиком Л. М. Бреховских (руководитель эксперимента), профессором А. С. Монным, профессором В. Г. Коротом, сотрудниками ин-

ститута — Л. М. Фоминым, М. Н. Кошляковым, А. Д. Ямпольским, К. Н. Федоровым, Г. Н. Ивановым-Францкевичем, В. Г. Нейманом и другими. Большинство приняли затем непосредственное участие в эксперименте. На полигоне работало шесть современных научно-исследовательских судов: «Дмитрий Менделеев», «Академик Курчатов», «Андрей Вилькицкий», «Сергей Вавилов», «Петр Лебедев», «Академик Вернадский». Исследования на полигоне возглавил Институт океанологии АН СССР.

Место для полигона выбрали очень тщательно. Относительно спокойный рельеф дна, достаточное удаление от берегов и гидрологических фронтов, устойчивые ветры — все это соответствовало нашим представлениям об условиях открытого океана. А течения? Мы полагали (опираясь на средние климатические данные), что именно здесь проходит устойчивое Северное пассатное течение, направленное на запад.

Была тщательно разработана методика наблюдений. Так как наши измерители течений не могли действовать без перезарядки более 28 суток, то через каждые 25 суток их заменяли, т. е. одну автономную станцию поднимали на борт и почти в то же место ставили другую. Конечно, в океане невозможно обеспечить постановку станции строго в одной и той же точке. Глубина места (около 5000 м) требовала, чтобы новые станции располагались на расстоянии не менее 2—3 миль от старых. Причем, каждая новая

станция начинала работать за несколько часов до подъема предыдущей: ряды наблюдений не должны были прерываться. Таким образом, записи течений и температуры получались с перекрытием.

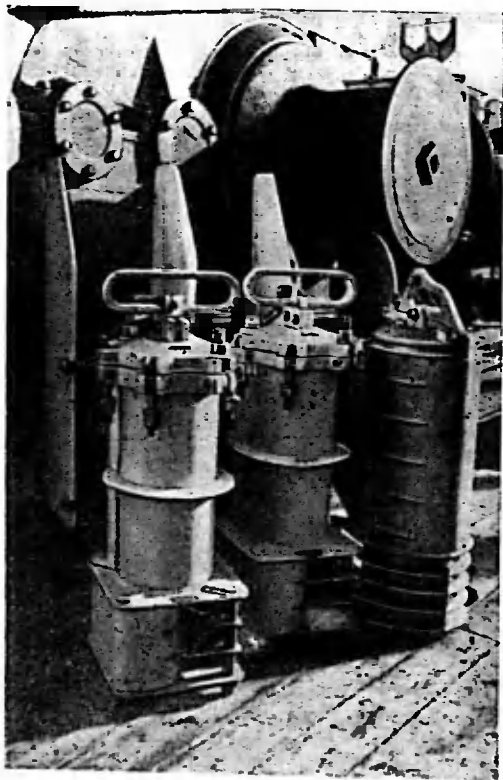
Всю работу с буйковыми станциями проводили с трех судов: «Дмитрий Менделеев», «Академик Курчатов» и «Андрей Вилькицкий». Вполне естественно, что не все и не всегда шло гладко, и хотя к концу эксперимента выработалась весьма эффективная техника буйковых перестановок, все же бывало, что из-за погоды или других причин буй срывался. Тогда приходилось искать их в океане, объединяя усилия нескольких судов. А чтобы этого по возможности не случалось, проводили систематическую инспекцию буйковой сети: с судов экспе-

диции тщательно уточняли координаты каждой станции, следили за техническим состоянием буйев. Время от времени суда уходили с полигона заправиться топливом и пополнить запасы продовольствия. В районе работ оставалось одно дежурное судно, которое продолжало инспекцию, перестановку буйев, дополнительные научные наблюдения. «Дмитрий Менделеев» и «Академик Курчатов» провели в океане почти семь месяцев, правда в середине срока они заходили в Калининград, где частично сменялся научный персонал экспедиции. «Андрей Вилькицкий» провел на полигоне полгода, не возвращаясь на Родину.

В марте на борту «Академика Курчатова» собрались иностранные коллеги. Ученые привезли с собой автономные регистраторы течений различной конструкции. Интересно было выяснить, как влияют конструктивные особенности и погрешности разных приборов на регистрируемые характеристики течений, а также на результаты статистического анализа. Для этого на полигоне недалеко друг от друга было выставлено четыре дополнительных буйа. 14 суток функционировали приборы различных систем и конструкций: конструкции Алексеева (СССР), Андерсаа (Норвегия), «Плесси» (Великобритания), Института мореведения в Варнемюнде (ГДР), «Джеодайн» и «Брейкон» (США). Результаты этого необычного испытания приборов сейчас обрабатываются.

Работали в море буйковые станции, а в это время с судов велись самые разнообразные гидрофизические и метеорологические измерения. Важно было выяснить, как изменяются океанографические и метеорологические характеристики в широком диапазоне — от нескольких сантиметров до сотен километров (в пространстве) и от секунд до нескольких месяцев (во времени). Такие наблюдения стали возможны благодаря новым отечественным приборам. Термосолезондом регистрировали изменение температуры и солёности воды по вертикали; буксируемым термотралом изучали неоднородности температурного поля в верхних слоях океана. Применяли турбулиметры, акустические приборы и другую новую технику.

Нетрудно представить, каков был массив получаемой информации. Обработать его нужно было сразу в море. С этой задачей справились вычислительные центры кораблей «Дмитрий Менделеев» и «Академик Курчатов». Сюда стекался весь поток гидрофизической информации, здесь проводилась первичная обработка результатов измерений, а также их частичный анализ. Это помогало осмысливать получаемую информацию, контролировать эксперимент и вносить коррективы в научную



Советские автономные измерители течений (конструкция Алексеева). На полигоне они фиксировали скорость и направление течений через каждые 30 минут на десяти горизонтах (25, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 1000 и 1500 м)



Группа специалистов на борту научно-исследовательского судна «Академик Курчатов». Слева направо: Вальтер Ценк (ФРГ), Роберт Хайнмиллер (США), Г. Джаффе (США), Кирилл Чекотило (СССР), Джон Гулд (Англия), Д. Лоуренс (Канада), Эберхард Франке (ГДР), Гюнтер Плюшке (ГДР), Чарльз Росс (Канада). Вместе с советскими учеными иностранные коллеги участвовали в проведении интересного и важного испытания приборов, научная программа которого была разработана СКОР (Научный комитет по океаническим исследованиям Международного совета научных союзов)

программу. Последнее было особенно легко в тех случаях, когда записи приборов поступали непосредственно в кодах, читаемых вычислительной машиной. На этом принципе, например, работал цифровой термосолесвод.

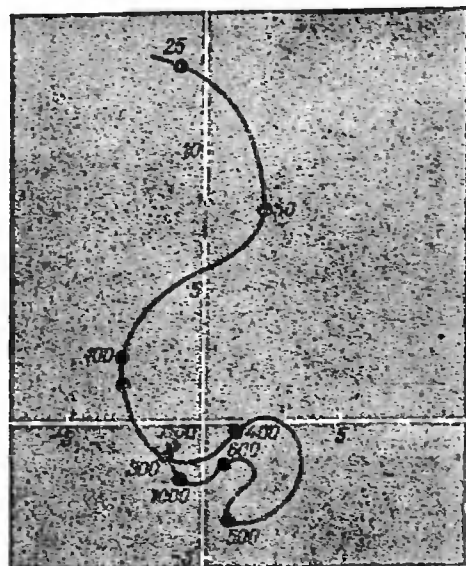
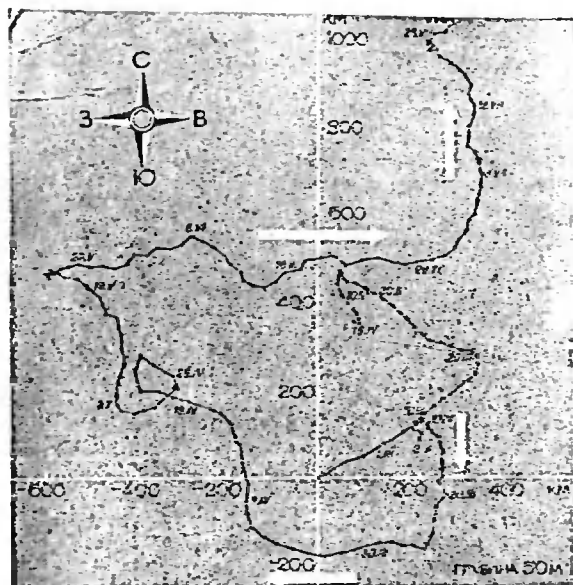
Гидрофизический эксперимент на полигоне в тропической Атлантике был первой крупной отечественной экспедицией, где в полном объеме использовалась современная вычислительная техника. Достаточно сказать, что первичная обработка всех результатов наблюдений (миллионы измеренных величин) была закончена еще в океане. Но анализ наблюдений будет продолжаться еще долго.

В настоящее время мы располагаем результатами лишь выборочного анализа данных. Но уже и этот материал свидетельствует о том, что многомесячный труд советских океанологов

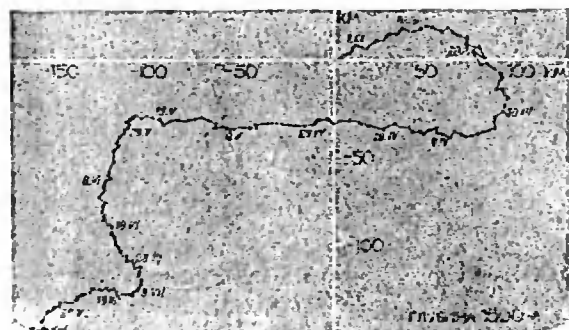
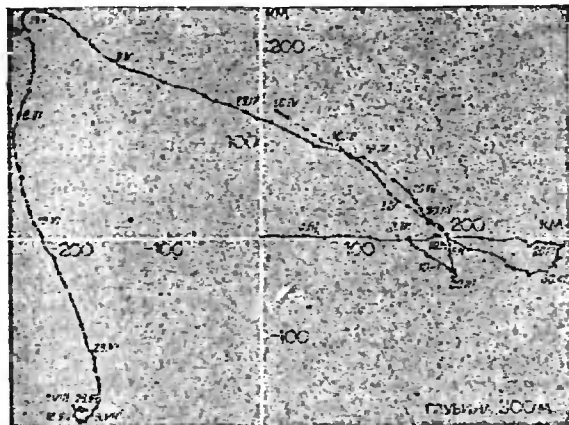
не был напрасным. Новые сведения о течениях, внутренних волнах, тонкой структуре термохалинного поля, турбулентности, полученные на полигоне, существенно уточняют наши представления о динамике вод океана.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СРЕДНЕГО ПЕРЕНОСА

Рассказ о научных итогах эксперимента можно начать с того, что не было обнаружено ничего похожего на устойчивое Северное пассатное течение. В первые 10—20 дней эксперимента течение во всей толще, охваченной наблюдениями (до 1500 м), было направлено на восток, т. е. противоположно «классическому» Северному пассатному течению. В дальнейшем оно резко и неоднократно меняло на-



Вектор среднего течения вращается с глубиной. Причудливую кривую, показанную на рисунке, вычерчивают концы векторов среднего течения, проведенных из начала координат. Числа обозначают горизонты наблюдений



Прогрессивно-векторные диаграммы для горизонтов 50, 300 и 1500 м. Сплошной линией показаны течения на станции № 1, пунктирной — течения на станции № 4, удаленной от первой на 32,5 мили к востоку. Проследим, как изменяются течения на глубине 50 м: с 10 по 25 марта общий поток направлен на юг, с 25 марта по 1 апреля — на запад; с 25 мая по 30 июня — на восток; с 1 по 30 июля — на север (для наглядности направления показаны белыми стрелками). Заметно меняются течения и на горизонте 300 м. Резкая смена течения произошла 20 марта на станции № 4, а 23 марта — на станции № 1. На глубине 1500 м течения столь же непостоянны и подтверждают грустный вывод: на любой диаграмме легко выбрать такой отрезок времени, осреднение по которому может дать течение любого, наперед заданного направления. Что же стоят отдельные эпизодические наблюдения в океане?

правление на всех горизонтах, причем периоды устойчивости потоков одинакового направления колебались от одной до шести недель. И это происходило в пассатной зоне, издавна считающейся областью наиболее устойчивых движений в атмосфере и океане!

Только результирующий перенос за весь период наблюдений на большинстве горизонтов имел западную составляющую. Об изменчивости течений на полигоне наглядно свидетельствуют прогрессивно-векторные диаграммы. Прогрессивно-векторные диаграммы — это воображаемые траектории частиц жидкости, какими они были бы в условиях пространственно-однородного течения. Если сравнить такие диаграммы для течений, наблюдавшихся в центре полигона и в точке № 4 на глубине 50 м, то мы не найдем никакого сходства между ними. Так, в центральной точке с 10 по 20 марта наблюдался южный перенос, а в точке № 4 (всего на 32,5 мили к востоку) — северо-восточный. На глубине 300 м характер изменения течений в тех же самых точках почти одинаков. Однако смена направления потоков (с восточного на западное) в этих двух точках произошла в разное время — запаздывание составляет примерно трое суток.

Чем же объяснить наблюдавшуюся изменчивость среднего переноса? Если предположить, что такая изменчивость вызвана крупномасштабными вихревыми возмущениями, перемещающимися через полигон, то надо вообразить вихри с поперечником около 200—400 км, которые сравнительно медленно движутся с востока на запад. Для того чтобы сместиться на длину поперечника, им потребовалось бы от одной до трех недель. (Циклоны и антициклоны в атмосфере поперечником около 1000 км проходят через точку наблюдения, как правило, за трое-четыре суток.)

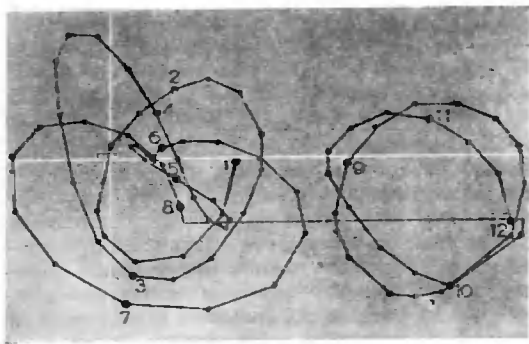
Возмущения, которые могли бы обусловить наблюдавшуюся изменчивость океанских течений, по своим размерам больше всего похожи на бароклинные волны Россби. Первые открытые в атмосфере. Это планетарные волны, связанные с изменением корiolисова ускорения с широтой. Их присутствие в океане было теоретически предсказано, но наблюдать волны Россби там до сих пор не удавалось. Заметим, что волны Россби, в соответствии с теорией, распространяются с востока на запад. Возмущения, обнаруженные на полигоне, перемещались в том же направлении.

Наблюдения показали, что вектор среднего течения вращается по мере удаления от поверхности. Это происходит не только в слое трения, где его вращение объясняется известной теорией Экмана, но и дальше, вплоть до

самых глубинных горизонтов. От слоя к слою правое вращение чередуется с левым. Эксперименты на полигонах (в Индийском океане и в Атлантике) убеждают в том, что чередование вращения зависит от вертикального распределения плотности воды, за счет которого изменяется с глубиной и горизонтальный градиент давления.

ИНЕРЦИОННЫЕ И ПРИЛИВНЫЕ ТЕЧЕНИЯ — ПЛОСКИЕ КОЛЕБАНИЯ ИЛИ ТРЕХМЕРНЫЕ ВНУТРЕННИЕ ВОЛНЫ

Много интересных особенностей было обнаружено в характере течений на полигоне. Одно из них — колебания с инерционной и приливной частотами. На полученных спектрах изменчивости течений им соответствуют хорошо выраженные энергетические пики. Инерционные колебания — это свободное круговое движение жидкости на вращающейся Земле после прекращения действия силы, вызвавшей первоначальное движение. Именно поэтому период инерционных колебаний связан с продолжительностью маятниковых суток или с корiolисовой частотой ($2\omega \cdot \sin \phi$). Если из суммарного течения исключить приливную и более высокочастотные компоненты, оставив только сумму среднего переноса и инерционной компоненты, то можно наблюдать на графике правильные инерционные орбиты.



Орбиты частиц жидкости, участвующих в инерционном течении на глубине 300 м. Представлен годограф течений за 10 суток, порядковые номера суток обозначены цифрами. Если мысленно соединить начало координат с центрами последовательных инерционных орбит, то можно увидеть, как изменяется средний перенос. Особенно интересна неустойчивость самих инерционных течений, которые прекратились на четвертые сутки и возобновились на шестые



Подъем буя на борт научно-исследовательского судна «Академик Курчатов»

Наблюдения показали, что в переслоенном океане период инерционных колебаний иногда оказывается короче расчетного. Этот факт подтверждает теоретические соображения о взаимодействии колебаний в инерционно-гравитационном интервале частот. В результате горизонтальной неоднородности инерционного движения в нем (по условию неразрывности среды) появляется вертикальная составляющая и в действие вступает сила тяжести. В среде с плотностной стратификацией сила тяжести может вызвать собственные колебания лишь относительно высокой частоты, которые, взаимодействуя с инерционными, повышают их частоту и сокращают период.

Пока еще нельзя сказать точно, какие факторы повинны в инерционных колебаниях течений на полигоне. Недавние исследования,

проведенные за рубежом, показывают, что возбудителями и гасителями инерционных колебаний могут быть изменения касательного напряжения ветра с частотами выше инерционной. Ежечасные наблюдения за ветром, которые выполнены на полигоне, помогут проверить эту гипотезу. Пока можно указать лишь на то, что инерционные пики обнаружены практически на всех полученных спектрах изменчивости течений в районе полигона, хотя сами инерционные колебания течений оказались весьма непостоянными. Они могут внезапно прекращаться и возникать на разных горизонтах и в разное время.

Любопытные результаты дало сравнение распределения по глубине кинетических энергий среднего (квазистационарного) течения, инерционной компоненты и приливной составляющей. Энергия среднего движения быстро убывает с глубиной между горизонтами 50 и 100 м. Это происходит по двум причинам: во-первых, чисто дрейфовое течение ограничено поверхностным слоем толщиной около 100 м; во-вторых, скорость геострофического течения с глубиной уменьшается за счет эффекта переслоенности океана.

Очень резко выражен максимум энергии 36-часовых колебаний инерционного происхождения на глубине 100 м — там, где наибольший вертикальный градиент плотности. Нельзя не связать эту любопытную особенность с сокращением периода колебаний до 36 часов (вместо расчетного периода, равного 42 часам на широте полигона). Эти колебания, хотя и имеют инерционное происхождение, ведут себя как трехмерные внутренние гравитационные волны. В принципе, колебания с правильной инерционной частотой должны вести себя иначе. Так это, или не так, покажет дальнейший анализ наблюдений.

В соответствии с классической теорией приливов можно было ожидать, что приливная составляющая будет иметь одинаковую энергию на всех горизонтах. Однако наблюдаемая зависимость распределения энергии приливных течений от плотностной стратификации с максимумом на глубине 100 м заставляет думать, что и приливные колебания тоже подчиняются динамике трехмерных внутренних волн. Некоторые другие наблюдения могут быть истолкованы как косвенные доказательства этого предположения: в спектрах флуктуаций температуры воды для отдельных горизонтов хорошо выражен максимум энергии на частоте полусуточного прилива. Хотя этот максимум и мог быть вызван вертикальными движениями приливной частоты, для его объяснения можно предложить и другие гипотезы.

ДВИЖЕНИЯ И ИЗМЕНЧИВОСТЬ МАЛЫХ МАСШТАБОВ

Рассматривая движения малых масштабов, следует обратить внимание на внутренние волны с периодом около 15—20 минут. Они вносили значительную долю в изменчивость полей температуры и солёности в районе исследований. Для точного определения всех параметров внутренних волн на горизонте 100 м применялась оригинальная методика: одновременно в трёх точках (с носа и кормы судна «Петр Лебедев», а также по траверзу на расстоянии 245 м) регистрировали ход температуры воды. В результате получили следующие параметры волн: длина — 480 м, период — 18,6 минуты, фазовая скорость — 43 м/сек, амплитуда — около

15 м. Похожие внутренние волны обнаружены и другими методами. Так, следы таких волн отчетливо видны на записях температуры, полученных фототермографами. Регистрация проводилась через каждые 5 минут.

Применение новых приборов (к ним, прежде всего, относятся термосолезоид «Аист» конструкции Института океанологии АН СССР) позволило заглянуть в другие процессы малого масштаба, а именно в процессы вертикального конвективного перемешивания. Они охватывают слои толщиной от нескольких десятков сантиметров до 20—25 м. Изучив их, можно подойти к правильному пониманию роли молекулярной диффузии тепла и соли в морской воде. Во время эксперимента на полигоне, по существу впервые в условиях реального океана, детально наблюдались явления, исследовав которые, мож-

ИНТЕРВЬЮ С ВЕТЕРАНАМИ ОКЕАНОЛОГИИ

Вопрос 1. Какое событие в Вашей личной научной биографии на заре советской океанологии особенно запомнилось!

Вопрос 2. Какие традиции Плавморнина нужно поддерживать в морских институтах и морских экспедициях!

Вопрос 3. Что пожелаете Вы молодежи!

Член-корреспондент
Академии наук СССР

Вениамин Григорьевич
БОГОРОВ

1. Само экспедиционное судно «Персей», жизнь на нем и удивительная слаженность в работе людей.

2. Утрачивается спорадический метод наблюдения. Об этом жалеть не стоит. А вот традицию комплексного изучения морей и океанов нужно сохранить. Непрерывные записи данных о водных массах, о строении дна и обобщение этих сведений требуют, конечно, комплексного решения.

3. Пожелаем нашей смене чаще уезжать в море для работы. Это расширит эксперимент.

Море воспитает из начинающего — зрелого ученого-мороведа.

Профессор Борис Константинович **ФЛЕРОВ**

1. 1921 год — не окончена Гражданская война, в стране не восстановлено хозяйство, а уже из Архангельска вышел хорошо оснащенный океанографическим оборудованием, первоклассный по тому времени ледокол «Малыгин», чтобы проложить в водах Арктики путь для будущих блестящих исследований.

2. Мы живем в век дифференциации наук. Их расчленение закономерно. Но не менее важно сохранить и океанографию как науку ши-

рокого профиля. Иначе невозможны обобщения фронтального характера — создание теории, без которой нет науки.

3. С увлечением и самопожертвованием, не боясь «черной» работы и мозолей на руках, как трудились зачинатели советской океанографии — известные всему миру ученые, до конца отдавать себя избранному делу.

Заслуженный деятель науки РСФСР профессор
Семен Владимирович
БРУЕВИЧ

1. Я «попал» в русло советской океанологии в 1921 г., 27 лет, приняв участие в первой советской океанографической экспедиции Плавучего морского научного института в Баренцево и Карское моря на ледоколе «Малыгин», приспосабливаемом под экспедиционное судно. «Малыгин» работал до 1940 г.,

пока не погиб в шторм в Беринговом море.

Экспедицией руководил Иван Илларионович Месяцев, тогда еще сравнительно молодой ученый-биолог, коммунист, великолепный организатор и воспитатель молодежи. Вот, как была организована экспедиция, как производилась в то же время постройка первого советского океанографического судна «Персей» (500 т) и как функционировал Плавморнин — стало предметом самого глубокого уважения и преклонения. Молодой коллектив, полное отсутствие бюрократизма, безудержная жажда научной деятельности, когда каждый или не получал ничего или меньше того, что он мог бы получить в другом месте, идейная заинтересованность, бескорыстная преданность науке запомнились мне на всю жизнь.

но перебросить «мостики» между молекулярным и турбулентным перемешиванием.

Эту проблему сначала решили в лаборатории. Для того чтобы понять роль молекулярной диффузии в возбуждении конвекции в устойчиво стратифицированных средах, Г. Стомел, Дж. Тэрнер и М. Стерн искусственно создавали условия, при которых и соленость и температура убывали с глубиной. Для этого осторожно наливали подогретый рассол на поверхность холодной воды меньшей солености, но большей плотности. Оказалось, что потенциальная энергия, заложенная в получающемся при этом вертикальном распределении солености, может превращаться в кинетическую энергию ячейки конвекции даже вопреки стабилизирующему эффекту разности температур. Такую конвекцию назвали «солевые пальцы». Она тес-

но связана с различием в скоростях молекулярной диффузии тепла и соли в воде.

Можно предположить следующую последовательность процессов, которая должна быть справедлива и для океана. Тепло, диффундируя в 100 раз быстрее соли, создает в слое воды, в котором и соленость и температура убывают с глубиной (термохалокине), неустойчивость в микромасштабе — сантиметры или доли сантиметра, — а этого уже достаточно для возникновения «солевых пальцев». Постепенно ячейки конвекции должны создавать неустойчивые слои более крупного масштаба, в которых будет развиваться обычная конвективная турбулентность, а на ее фоне в океане может возникать и турбулентность динамического происхождения. Не исключено, что в океане бывает и обратный ход процессов, т. е. механизмы более

НАШИ ИНТЕРВЬЮ

2. Наука развивается и идет вперед. И не все то, что было хорошо в прошлом, годится как образец теперь. С увеличением объема работ и ростом коллектива возникали и новые трудности. Но из общих принципов, характерных для прошлого советской океанографии и актуальных для нашего времени, я считаю — умение считать задуманное с его практическим осуществлением и завершением. Теперь это единство нарушено и его-то абсолютно необходимо возродить. Неумение «по одежке протягивать ножки» ведет к омертвлению «капитала», в данном случае — научного труда коллектива.

3. Правильно, с учетом своих способностей и потребностей института построить план своей личной работы на будущие годы и, особенно, на ближайший год.

Повышать уровень культуры — умственной и физической.

Энергия, энергии и энергии!

Кандидат биологических наук Андрей Дмитриевич СТАРОСТИН

1. Встреча со льдами в первой Полярной экспедиции на «Персее», красота и разнообразие донной фауны. Берега Земли Франца-Иосифа — «Мекки» полярных стран, в те времена совершенно безлюдные.

2. Взаимозаменяемость научного состава, умение и желание выполнять в рейсах любую работу. Дух товарищества, единение научного состава и команды экспедиционного судна.

3. Неустанно изучать океаны и моря. Не оставлять без внимания и обобщения отдельных наблюдений.

Кандидат геолого-минералогических наук Всеволод Аполлинарьевич ВАСНЕЦОВ

1. Самыми яркими воспоминаниями с 1921 г. на всю жизнь остались: суровая красота губы Крестовой на Новой Земле; молчание тяжелых полярных льдов,

сковавших ледокол «Малыгин»; холодные, покрытые изморозью баты, поднятые из морских глубин в относительно теплый день, когда над синей поверхностью моря сияло солнце.

2. Необходимо беречь и свято хранить традиции глубокой солидарности, чувство локтя всего личного состава исследовательского судна.

3. Я пожелаю молодому поколению мореведов следовать прекрасной традиции: пусть корабль будет вашим родным домом, а не гостиницей, чувствуйте себя членами дружной морской семьи. Пусть ваши первые шаги в море совершатся на судах

крупного масштаба (динамическая турбулентность) создают условия, благоприятные для развития процессов меньшего масштаба, в частности, в условиях термохалоклина — для развития «солевых пальцев».

Условия на глубинах 100—700 м в районе полигона можно назвать типичным слабоустойчивым термохалоклином. Поэтому можно было рассчитывать найти там следы перемежающейся конвективной и динамической турбулентности. Наблюдения термосолезондом обнаружили в этих пределах глубин многочисленные слабые инверсии температуры (до $0,2^{\circ}$ — $0,3^{\circ}$ С), резкие скачки, ступеньки или серии ступенек в распределении температуры и солёности. Удивительной оказалась способность этих элементов микроструктуры к регенерации: только что наблюдали температурную инверсию, а через не-

сколько часов или даже минут — перед нами однородный слой или ступенька, а подчас и просто ровный невозмущенный термохалоклин. Проходит несколько часов — и снова та же инверсия или ступенька в том же диапазоне глубин и в тех же пределах температуры и солёности.

Перемежающееся появление и исчезновение элементов микроструктуры, их трансформация и регенерация наблюдались в отдельных районах полигона в течение многих суток. Все это, по-видимому, подтверждает высказанное выше предположение о сложном конвективно-турбулентном режиме термохалоклина. Можно предполагать, что образование таких элементов микроструктуры, как температурные инверсии, связано с конвективными процессами, а их исчезновение («размывание») — с динамической тур-

НАШИ ИНТЕРВЬЮ

небольшого тоннажа, на них «заболеет» морем, приобретете морские навыки. Не гнушайтесь и работой матроса.

Доктор геолого-минералогических наук Татьяна Ивановна ГОРШКОВА

1. Посещение мыса Кап-Флора во время экспедиции «Персея» в 1931 г., его зеленые мхи и избушка Джексона, где произошла встреча с Нансеном.

В первой же экспедиции «Персея» меня поразила резкая разница грунтов Баренцева моря: коричневые с марганцевыми конкрециями на севере и зеленоватосерые — на юге.

2. Крепкая дружба

между участниками экспедиции и взаимопомощью.

3. Большую любовь к морю, к его разностороннему изучению.

Заслуженный деятель науки РСФСР профессор Владимир Семенович САМОЙЛЕНКО

1. Конечно, наиболее знаменательное событие в моей научной биографии — участие в 1925 году (еще в качестве студента) в одной из самых первых полярных экспедиций на легендарном и неповторимом «Персее» под звездным флагом «ПМНИ» в неизведанное и бурное, стихийно красивое и сказочно бога-

тое Баренцево море. Руководил экспедицией необыкновенный человек — профессор Иван Илларионович Месяцев. С этого все и началось!

2. Старая добрая традиция создана на заре советского мореведения тоже, главным образом, руководителем первых комплексных исследований морей и океанов И. И. Месяцевым: «...у всех единая цель, у всех общие интересы, все друг другу помогают, все друг друга строго и нелицеприятно по-товарищески критикуют».

3. Молодым океанологам более всего желаю возродить эту традицию. Именно в ней залог общего и личного успеха каждого.

Профессор Владимир Андреевич ЯШНОВ

1. Мне посчастливилось быть участником первой советской океанографической экспедиции в 20-х годах, сразу после изгнания интервентов с нашего Севера. Именно в эти героические годы родилась советская океанография.

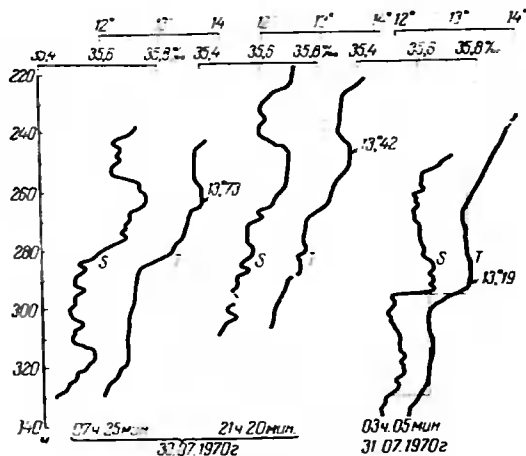
2. Наш маленький по теперешним масштабам коллектив был спаян едиными научными целями, каждый день приносил нам новые радости. Интересно и оживленно проходили заседания ученого совета Плазморинна.

3. К услугам ученых сегодняшнего дня — пре-

булентностью. Динамической турбулентностью может быть объяснено и появление однородных по вертикали слоев в термклине.

Интересны результаты двух «микромасштабных» съемок, выполненных термосолезондом в квадратах 15×15 и 10×10 миль. Станции, на которых зондировали температуру и соленость, располагались равномерно по квадратам на расстоянии всего 2,5 мили друг от друга. Оказалось, что горизонтальные размеры наблюдавшихся структурных элементов колеблются от 5 до 15 км при толщине от 3 до 25 м. Поэтому трудно представить, что они могли образоваться в процессе разрушения коротких внутренних волн.

Следует еще упомянуть об изучении турбулентности с помощью измерений скорости звука и температуры («Петр Лебедев»), а также микрофлуктуаций скорости течений («Академик Вернадский»). Обнаружены сильная перемежаемость турбулентных флуктуаций и их



Элементы тонкой структуры вертикального распределения температуры и солености (результаты измерений с помощью цифрового термосолезонда «Аист»). Измерения проведены в одной и той же точке (станция № 5) в различные моменты времени, указанные на рисунке

НАШИ ИНТЕРВЬЮ

красно оборудованные суда, многочисленный технический персонал. Однако хотелось бы, чтобы молодежь знала историю создания советской океанографии, знала сколько труда, инициативы, самоотверженности и бескорыстной преданности делу было вложено в организацию первого морского института, в постройку первого исследовательского корабля и снаряжение первых арктических экспедиций.

Профессор
Алексей Дмитриевич
ДОБРОВОЛЬСКИЙ

1. Я успел войти в следующие шеренги деятелей советской океанологии. Плавморнии,

первый ГОИН, плавания на «Персее», «Николае Книповиче» в 1930—1932 гг.— вот первые сознательные представления о морской науке. А подсознательные... еще в 1928 г., когда впервые удалось увидеть море при переходе из Николаева в Одессу. С этого и началось увлечение, продолжающееся до сих пор.

2. Главная традиция океанолога — работать в области океанологии. Она не утрачена и ее следует развивать и, как свойственно большинству океанологов, развивать остроумно.

3. Нашей смене пожелаю трудиться с увлечением, найти в океанологии если не смысл своей жизни, то ее оправдание.

малая корреляция на соседних горизонтах, большие различия в характере изменчивости гидрофизических характеристик на расстоянии всего лишь двух миль и за время около суток.

Мы рассказали лишь о самых первых результатах научного анализа малой доли того богатейшего фактического материала, который получен во время эксперимента на полигоне. Безусловно, в ходе дальнейшего, более глубокого анализа многие гипотезы, выдвинутые сегодня, будут либо подтверждены, либо уточнены, либо заменены новыми. В любом случае наше знание физики океана значительно продвинется вперед. Мы ожидаем, что будут сформулированы новые вопросы и поставлены научные проблемы, требующие новых экспериментов в океане. Для новых плодотворных встреч с океаном необходимо совершенствовать инструментальную базу и методику измерений. Вполне логично думать, что опыт проведения длительного гидрофизического эксперимента 1970 года поможет организовать стационарную сеть буйковых станций как основу глобальной службы океанической «погоды». Над созданием такой службы уже работает Межправительственная океанографическая комиссия ЮНЕСКО.

Фото К. Н. Федорова

Атмосфера и океан

Они неразрывно связаны. Циркуляция в океанах обуславливается ветром и различиями в плотности, которые в большой степени зависят от атмосферы. И наоборот, атмосферная тепловая машина в большой степени управляется океаном.

Атмосфера, управляя основными океаническими круговоротами, в значительной степени черпает свою энергию из того же океана. Действительно, в физической океанографии трудно обойтись без участия атмосферы, и в то же время среди атмосферных процессов можно назвать лишь немногие, которым безразличен океан. Таким образом, обсуждая взаимодействие атмосферы и океана, в котором «все зависит от всего», необходимо где-то разорвать этот круг. Пожалуй, следует начать с воздействия ветра на океаническую воду.

Рассмотрим влияние короткого импульса на пластину твердого материала, покоящуюся на поверхности Земли. (Пластина может двигаться без трения.) В результате воздействия пластина начнет движение, скажем, точно к северу. С точки зрения наблюдателя, находящегося на вращающейся Земле, любой движущийся объект испытывает влияние силы Кориолиса, перпендикулярной к направлению движения. (В северном полушарии сила Кориолиса направлена вправо.) Ускорение, перпендикулярное скорости, приводит к движению тела по кругу, т. е. возникает инерционное колебание. Нечто подобное может иногда происходить и в океане — инерционные колебания неоднократно регистрировались измерителями течений.

Полный цикл инерционного колебания совершается ровно за половину маятниковых суток*. При небольшом трении пластина должна

постепенно двигаться по спирали к центру круга. Перемещаясь к северу, пластина в конечном итоге повернет на восток. Обобщая, можно сказать, что в северном полушарии частица движется вправо от направления, полученного первоначально, а в южном полушарии — влево.

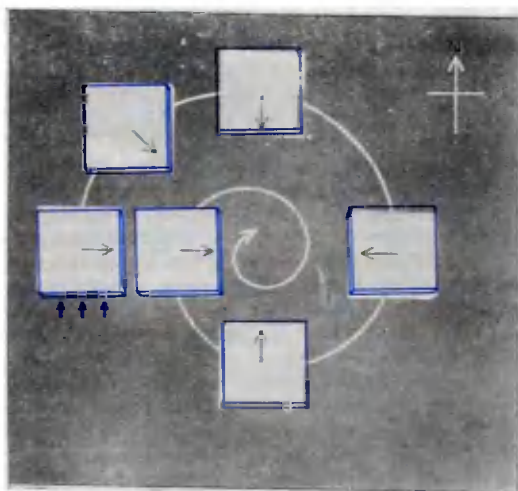
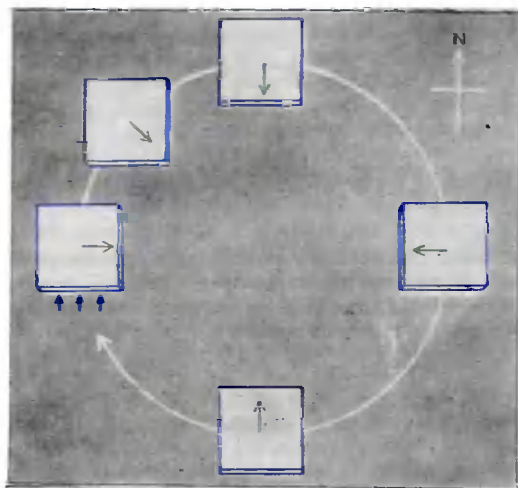
Теперь посмотрим, что случится с нашей пластиной, лишенной трения, если вместо заданного короткого импульса приложить к ней постоянную силу. Снова предположим, что сила и соответствующее ускорение направлены к северу. Пластина под влиянием возникающей силы Кориолиса отклонится (в северном полушарии) вправо — к востоку, и по истечении четверти маятниковых суток будет двигаться точно на восток. В этом положении прикладываемая сила (направленная на север) действует под прямым углом к направлению скорости (уже восточному), т. е. противоположно силе Кориолиса, которая теперь поворачивает частицу на юг.

Напомним, что потеря энергии на трение нет. Скорость движения пластины возрастает настолько, что начинает преобладать сила Кориолиса, поворачивающая ее к югу. При этом появляется составляющая движения, противоположная приложенной силе и действующая как своеобразный тормоз, отнимающий энергию движения. Когда пройдет половина маятниковых суток, пластина остановится в точке, расположенной строго к востоку от первоначальной. В конечном итоге происходит уравнивание действующей силы силой Кориолиса. Если действие силы продолжается, снова возникает ускорение, направленное к северу, и весь процесс повторяется, так что пластина совершает серию петлеобразных (циклоидальных) движений.

Теперь рассмотрим положение, когда меж-

* «Scientific American», 221, 3, 1969 г. Сокращенный перевод В. С. Бычкова и А. Н. Косарева.

* Маятниковые сутки — это время, необходимое для полного оборота маятника Фуко. На полюсе маятниковые сутки равны 24 часам, а на экваторе — несколько дней, т. е. продолжительность маятниковых суток зависит от широты места.



Сила Кориолиса воздействует на любой движущийся объект. Она направлена под прямым углом к направлению действия силы (вправо в северном полушарии). Если лишенная трения пластина под влиянием отдельного импульса (черные стрелки) начинает движение к северу, то сила Кориолиса (цветные стрелки) заставляет пластину двигаться по кругу (верхний рисунок). Трение замедляет движение пластины по спирали к центру круга, изображенного на верхнем рисунке. Толчки к северу закручивают спираль к востоку (нижний рисунок)

См. стр. 96. Поправка

ду пластиной и подстилающей поверхностью существует некоторое трение. Любое обусловленное трением торможение снижает скорость пластины, уменьшая одновременно сплю Кориолиса до тех пор, пока она уже не в состоянии преодолеть вынуждающую силу.

Толща воды ведет себя как набор таких пластин, расположенных одна на другой. Каждая пластина в значительной степени способна двигаться независимо от других, если трения между ними нет. Если же верхнюю пластину толкает ветер, то в северном полушарии она будет двигаться в направлении, несколько отклоненном вправо от ветра. Благодаря трению пластина будет воздействовать на вторую пластину, находящуюся ниже, которая, следовательно, будет приведена в движение в направлении, еще более отклоняющемся вправо. На каждой последовательной стадии сила трения несколько уменьшается, так что не только изменяется направление движения, но несколько уменьшается и скорость. Последовательность таких действий изменяет скорость и направление движения по спирали с увеличением глубины — по спирали Экмана *.

Этот экмановский поток имеет ряд важных практических следствий, отмеченных в некоторых районах Мирового океана. Например, вдоль берегов Калифорнии и Перу наличие прибрежных гор приводит к тому, что в атмосфере над океаном дуют ветры вдоль берега. В общем, в каждом случае они направлены к экватору и, таким образом, средний экмановский поток движется вправо от Калифорнии и влево от Перу, т. е. от берега. По мере того как поверхностная вода уносится от берега (сгон), на ее место поднимается вода из более глубоких слоев. (Поднимающаяся вода заметно холоднее той, что прогрета солнцем на поверхности моря, к неудовольствию купающихся, но кроме того, она насыщена минеральными веществами, по сравнению с окружающей водой, к удовольствию рыбаков и птиц) **.

Общий перенос в движущемся экмановском слое редко превышает две тонны в секунду через каждый метр поверхности. Это значительный поток воды, но он намного меньше, чем перенос в главных океанских течениях. Такие течения возбуждаются различным образом, в том числе и ветром, но косвенно. Посмотрим на карту Северной Атлантики. Ветры над этой частью океана, несмотря на присущую им переменчивость, имеют устойчивые характери-

* Д. М. Толмазин. Океан в движении. «Земля и Вселенная». № 5, 1970 г. (Прим. ред.)

** В. С. Латун. Апеллинг. «Земля и Вселенная», № 1, 1971 г. (Прим. ред.)

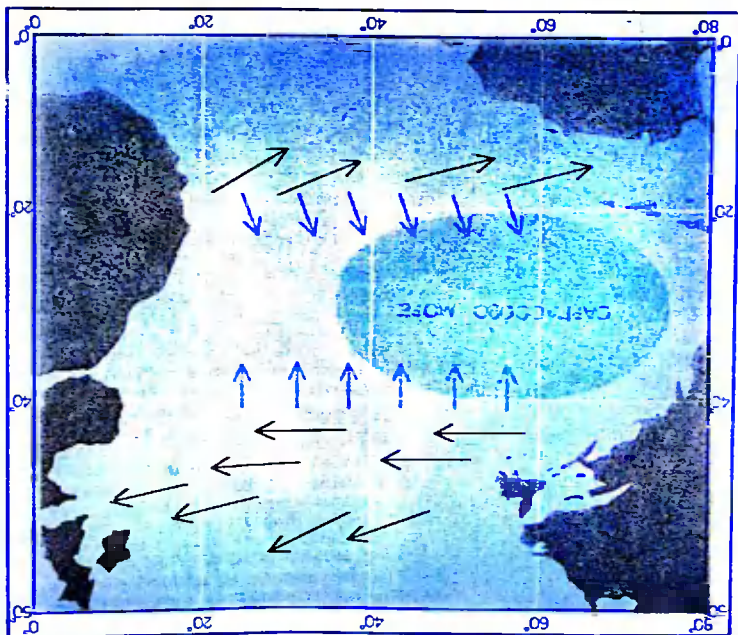
ки: около 45° с. ш. наблюдаются сильные западные ветры, а вдоль 15° с. ш. дуют северо-восточные пассаты с основной компонентой, направленной с востока на запад. Возбуждаемый экмановский поток направлен вправо, так что в обоих случаях наблюдается нагон воды в районе, называемом Саргассовым морем, с центром на 30° с. ш. Этот нагон приводит не столько к поднятию уровня воды (всего на метр выше в центре района, чем по краям), сколько к возникновению нисходящих вертикальных течений.

Продвижению восточно-западных потоков мешают континенты. Только в Южном океане вокруг Антарктиды существует до некоторой степени свободный поток. Не будь континентов, в океане, как и в атмосфере, преобладал бы зональный перенос — перенос вдоль параллелей. В действительности возможна лишь часть такого движения и опускание водных масс происходит легче, чем повышение уровня.

Опускающиеся при наголе поверхностные воды вызывают повышение давления в подстилающих слоях воды. Для практических целей вода принимается несжимаемой, так что опускание ее вниз с поверхности приводит к растеканию воды в нижних слоях в стороны. Но следует учесть, что эта масса опускающейся

воды вращается с Землей. По мере того как она выжимается в стороны, ее радиус вращения и, следовательно, момент инерции возрастают, таким образом скорость должна уменьшаться. Однако, как только скорость уменьшается, вращение воды больше не «соответствует» вращению Земли. Здесь возможны два следствия: либо вода вращается относительно Земли, либо она стремится к тем широтам, где ее вновь приобретенное вращение будет соответствовать вращению Земли. Обычно происходит последнее. Поэтому масса воды, вращение которой замедлилось при опускании, движется обычно по направлению к экватору, где вертикальная компонента вращения Земли меньше. С другой стороны, масса воды, вращение которой ускорилось при ее поднятии к поверхности для замещения унесенной воды, будет стремиться к полюсам.

В полосе шириной три с половиной тысячи километров, протянувшейся вдоль широты 30°, косвенно возбуждаемый ветром поток переносит воду по направлению к экватору. Конечно, в районах океана, расположенных ближе к полюсам, количество воды не уменьшается — где-то существует возвратный поток. Возвращающаяся вода должна также приобрести вращение, которое соответствует вращению Земли.



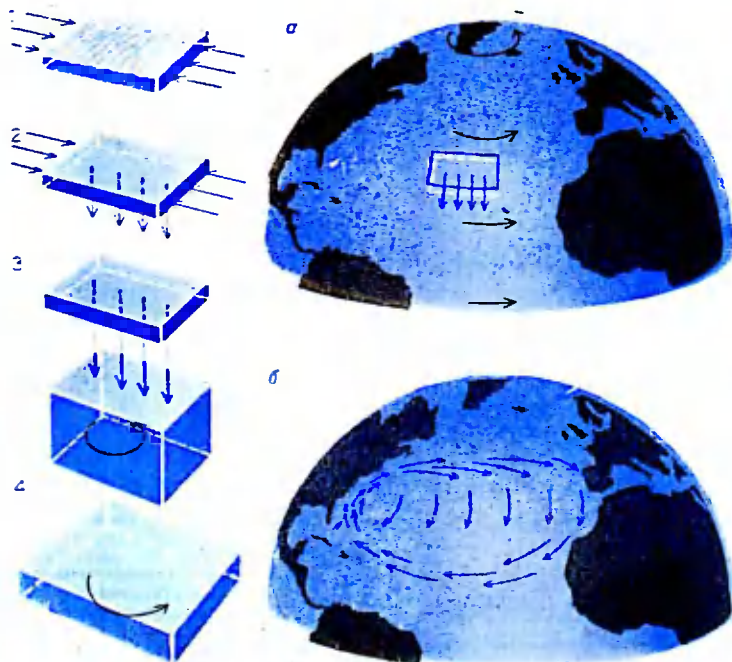
Направления преобладающих ветров (черные стрелки) и результирующие потоки экмановского слоя (цветные стрелки) в Северной Атлантике переносят воду в район Саргассова моря. См. стр. 16. Поправка

Если вода движется к северу, то возникает круговорот против часовой стрелки (или потеря движения по часовой стрелке). Так происходит в сильных течениях на западной стороне океана, изменяющих свое вращение «трением левого плеча» возле берега. Гольфстрим — именно такое течение, т. е. компенсационный поток воды. Он обусловлен нагоном на юге, в районе конвергенции поверхностных вод, образованной ветром. Зона конвергенции охватывает всю центральную часть Северного Атлантики. Большинство самых значительных океанских течений, видимо, косвенно возбуждается именно таким образом.

Заметим, что возвратные течения должны быть в западной части океанов (т. е. у восточных берегов континентов) обоих полушарий, независимо от того, направлен ли поток к северу или югу. Любое направленное на юг компенсационное течение в обоих полушариях получит вращение по часовой стрелке или потеряет вращение против часовой стрелки, чтобы достигнуть соответствия. Круговорот возникает благодаря трению на правом краю течения и, таким образом, течение будет прижиматься к правой стороне, т. е. к западной части океана. Компенсационный поток, направленный к северу, будет держаться левой стороны, т. е. снова отклоняться к западу.

Эта общая схема ветровой циркуляции хорошо согласуется с наблюдениями длиннопериодных характеристик океанических течений. Но что происходит в более короткие промежутки времени и какова реакция океана на быстрые изменения атмосферной циркуляции, выражающиеся в изменениях ветрового режима? Характерное время существования экмановского слоя постоянно — половина маятниковых суток, и есть основание считать, что этот слой приспосабливается к изменениям поля ветра в течение суток, или около того. С дрейфовыми течениями дело обстоит сложнее. Их постоянная времени порядка нескольких лет, и у нас нет ясного понимания того, как она регулируется. Это значит, что длительность приспособления дрейфовых течений к изменениям ветрового режима составляет несколько лет, и механизм этой реакции пока неясен.

До сих пор, обсуждая механизм взаимодействия атмосферы и океана, мы избегали количественных оценок. Чтобы их получить, нужно знать две вещи: характер ветра над океаном в любое время и в любом месте и величину напряжения ветра на поверхности. Метеорологам лучше известна первая часть проблемы, а



Формирование океанических течений. Основные океанические течения образуются при участии потока в экмановском слое и вращении Земли. Приток воды в экмановском слое, показанный на первом рисунке, создает движение воды вниз (2), которое оказывает давление на подстилающие слои (3), выжимая их в стороны (4) и, таким образом, уменьшая их скорость вращения (изогнутая черная стрелка). Каждой географической широте соответствует своя скорость вращения. Когда вращение воды замедляется, она должна двигаться (цветные стрелки) к экватору, пока новое вращение не будет «соответствовать» широте (а). По этой причине общий перенос воды происходит от средних широт по направлению к экватору (б)

вот вторая часть проблемы, т. е. количественное соотношение между ветровым потоком и напряжением, создаваемым ветром на поверхности, исследована недостаточно. Турбулентный поток над пограничной поверхностью — это сложное явление, для которого нет действительно полной теории даже в простых лабораторных случаях. Тем не менее, было получено много экспериментальных данных при исследовании потоков над твердыми поверхностями и в лаборатории и в природе, так что с инженерной точки зрения ситуация изучена довольно хорошо. Напряжение ветра на поверхности меняется в зависимости от шероховатости этой поверхности и, примерно, пропорционально квадрату скорости ветра на некоторых фиксированных уровнях над ней. Ветер со скоростью 10 м/сек , измеренный на высоте 10 м , будет оказывать давление около 30 т/км^2 (на поле скошенной травы) или около 70 т/км^2 (на поле спелой пшеницы). На гладкую поверхность (стекло) давление составляет всего около 10 т/км^2 .

Когда ветер дует над водой, все становится гораздо сложнее. Шероховатость воды — это не заданная характеристика поверхности, она зависит и от ветра, к тому же элементы, создающие шероховатость воды, — волны сами движутся более или менее в направлении ветра. Недавние работы показывают, что значительная часть количества движения, передаваемого из атмосферы в воду, идет на образование волн в большей степени, чем непосредственно на возбуждение течений; лишь когда волны начинают разрушаться, теряя энергию, количество движения становится достаточным, чтобы возбудить течения или образовать экмановские слои. Волны переносят существенное количество энергии и количества движения (обычно столько, сколько переносится ветром в слое толщиной около одной длины волны), и, таким образом, процессом возбуждения волн отнюдь нельзя пренебрегать. До сих пор не существует теории, которая учитывала бы все детали из тех, что мы наблюдаем.

Сильно взволнованная поверхность моря, взаимодействуя с ветром, ведет себя как очень гладкая поверхность. Недавние измерения показали, что при скорости ветра 10 м/сек напряжение на морской поверхности намного меньше, чем над скошенной травой, и немного больше, чем над стеклом; некоторые наблюдения при слабых ветрах ($2\text{—}3 \text{ м/сек}$) свидетельствуют, что напряжение на взволнованной поверхности моря даже меньше, чем на стекле. Движение волн, по-видимому, влияет на воздушный поток так, что воздух скользит над взволнованной поверхностью более свободно, чем при отсутствии волн. Вероятно, этого не наблю-

дается при скоростях ветра больше 5 м/сек , но напряжение остается удивительно низким по сравнению с напряжениями над другими естественными поверхностями.

К сожалению, у нас совсем нет прямых наблюдений в тех важных случаях, когда скорость ветра больше 12 м/сек , а время действия и разгон (расстояние, пройденное над водой) достаточны, чтобы развить существенное волнение. (Ветер со скоростью 20 м/сек может вызвать волны $8\text{—}10\text{-метров}$ высоты. Проведение точных наблюдений в таких условиях — трудная задача, и неудивительно, что она никак не решена.) Некоторые косвенные исследования были выполнены посредством измерений ветрового нагона воды около берега, но в толковании таких измерений имеется много трудностей и неопределенностей. Насколько можно предположить, шероховатость поверхности при высоких скоростях ветра увеличивается настолько, что воздействие на поверхность возрастает быстрее, чем квадрат скорости ветра.

Итак, напряжение возрастает по меньшей мере, как квадрат скорости ветра. Тогда при сильных ветрах достигаются результаты гораздо важнее тех, что можно было бы предположить: ведь штормы бывают не всегда. И тем не менее, штормовой ветер за пять часов передает воде больше количества движения, чем слабые бризы за неделю. Если бы при сильных ветрах напряжение на поверхности увеличивалось заметно быстрее, чем квадрат скорости ветра, то во время случайного шторма океану передалось бы большее количество движения, нежели во время долгодействующих ветров средней силы.

Заманчиво было бы определить воздействие сильных ветров, используя наблюдения за более слабыми ветрами. Если пренебречь короткими волнами (длиной менее 5 см), которые сильно зависят от поверхностного натяжения, нетрудно установить, что формы взволнованных поверхностей схожи. Можно заметить странную вещь: единственный фактор, благодаря которому одно созданное ветром волновое поле существенно отличается от другого, — это поверхностное натяжение, хотя оно непосредственно влияет только на очень короткие волны. Действительно, поверхностное натяжение — основа всей шкалы силы ветра Бофорта, которая зависит от числа и характера белых гребней. Именно тот факт, что поверхностное натяжение сильнее при низких скоростях ветра, чем при высоких, дает нам возможность видеть качественное различие в характере морской поверхности при ветрах разной силы. В остальном, волны будут выглядеть одинаково, и если исключить различия, вызванные действием поверх-



Снимок, сделанный в инфракрасных лучах, показывает термическую структуру водных масс и используется для изучения строения течений и волн. На снимке изображен край Гольфстрима — пограничный участок в несколько сот метров между теплым течением и более холодными водами у мыса Гаттерас. Изменения температуры — от 13 до 21°С, теплая вода — темный участок

ностного натяжения, мы смогли бы решить заманчивую задачу, о которой сказали выше. Но такие оценки требуют предельной осторожности, по крайней мере, пока у нас не будет некоторых подтверждающих измерений.

В то время как океан приводится в движение в основном поверхностными силами, атмосфера — это тепловой двигатель, который вырабатывает механическую энергию, используя тепло от Солнца. Любой тепловой двигатель получает энергию при сравнительно высокой температуре, при более низкой — часть ее высвобождает, а остальную энергию преобразовывает в механическую. Атмосфера осуществляет это, забирая энергию в своих нижних слоях и излучая ее в более холодных верхних слоях. Существенную часть тепла, требуемого для нагревания атмосферы снизу, дает океан.

Эта энергия поступает в двух формах. Если холодный воздух движется над теплой водой, то существует прямой поток тепла в атмосферу. Однако гораздо важнее испарение воды с поверхности в атмосферу.

В среднем за год поверхность океана повсюду — источник тепла для атмосферы. В некоторых районах отдача тепла происходит эффективнее. Например, такие наиболее важные возвратные течения, как Гольфстрим в западной Атлантике и Куросио в западной части Тихого океана у берегов Японии, несут очень теплую воду. Скорость течения здесь столь высока, что вода не охлаждается даже тогда, когда она выносится далеко на север от тропических и субтропических районов, где приобрела свою высокую температуру. В этих северных широтах преобладает направление ветра с запада, от кон-

тинента. Зимой, когда континенты холоднее океанов, воздух, движущийся над океанами, получает много тепла. Происходит прямая теплопередача и испарение воды.

Передача тепла и водяного пара зависит от нарушения равновесия при взаимодействии воды и воздуха. В пределах почти миллиметрового слоя воды температура воздуха на поверхности отличается от температуры воды на поверхности, и воздух близок к насыщению водяным паром. Однако даже небольшие различия оказываются критическими, и процесс поддерживается перемешиванием околоповерхностного воздуха с воздухом на более высоких уровнях, который обычно существенно холоднее и меньше насыщен паром. Перемешивание имеет турбулентный характер; турбулентность получает энергию от ветра. Чем быстрее ветер, тем сильнее турбулентность и, следовательно, выше скорость передачи тепла и влаги. Эта скорость, видимому, возрастает линейно с увеличением силы ветра, но о деталях взаимосвязи мы знаем даже меньше, чем о напряжении ветра над водой. Один из источников затруднения — механизм передачи количества движения от ветра к воде. Этот механизм частично определяется процессом развития волнения. Когда ветер образует волны, он должен не только отдавать водной поверхности количество движения, но и терять значительную часть энергии на турбулентность, без которой невозможно перемешивание, осуществляющее передачу тепла и водяного пара.

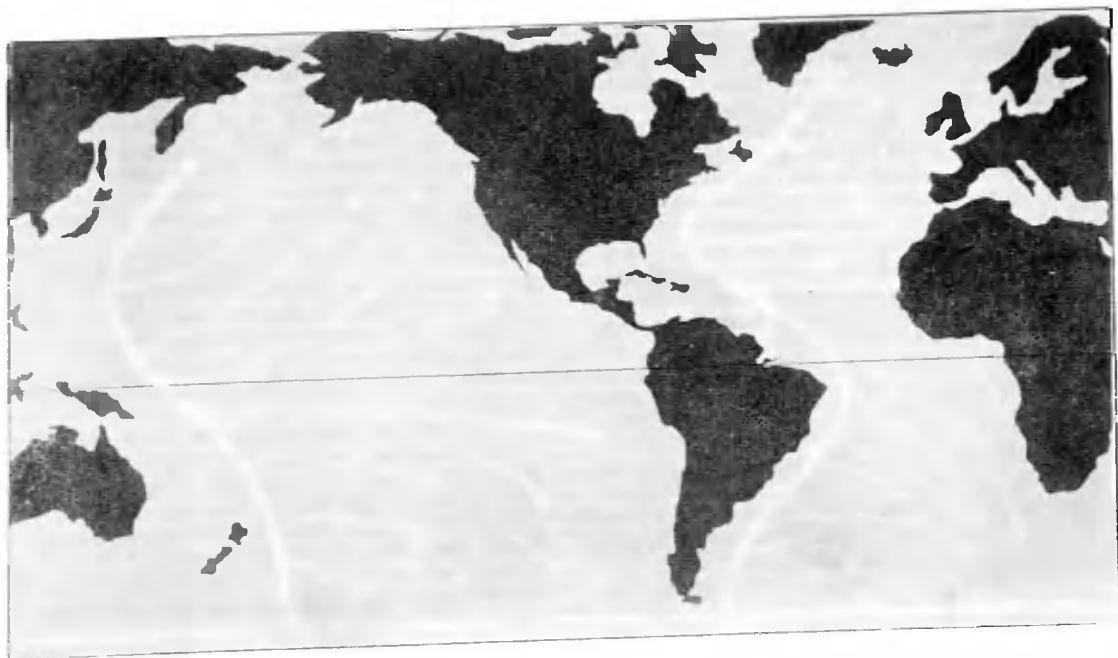
При достаточно высоких скоростях ветра возникает и другое явление, тоже очень важное. Когда поверхностное натяжение при высоких скоростях ветра больше не способно удерживать частицы воды, срываются брызги водной пыли. Некоторые из этих капель снова па-

дыт на поверхность моря, а другие испаряются, снабжая воздух водяным паром. Они играют и другую важную роль: крошечные кристаллы соли, оставшиеся после испарения морской воды, достаточно малы и легки, чтобы переноситься вверх путем турбулентности. Они действуют в дальнейшем как ядра конденсации и способствуют, тем самым, возвращению в атмосферу тепла, которое теряется в процессе испарения.

Огромно влияние океана на климат. Сравним температурные изменения в трех канадских городах, расположенных примерно на одной широте, но с очень разными климатическими условиями. Виктория — порт на южной оконечности острова Ванкувер (восточный берег Тихого океана). Виннипег находится в середине Североамериканского континента. Сент-Джонс расположен на острове Ньюфаундленд, вдающемся в западную Атлантику. Наиболее удивительное климатическое различие между

этими тремя пунктами — огромный размах колебаний температуры в Виннипеге по сравнению с двумя береговыми городами. Колебания температуры в Сент-Джонсе затухают, но они все же намного значительнее, чем в Виктории. Над Сент-Джонсом ветер обычно дует с континента, и смягчающее влияние океана здесь меньше, нежели в Виктории, куда воздушные массы обычно поступают прямо с океана. К тому же, Сент-Джонс окружен холодной водой Лабрадорского течения.

Влияние океана связано с его огромной теплоемкостью. В среднем за день Земля поглощает от Солнца и отражает в космос количество тепла, достаточное, чтобы повысить температуру всей атмосферы почти на два градуса Цельсия. Однако теплосодержание атмосферы эквивалентно теплосодержанию только верхнего трехметрового слоя океана, или всего несколькими процентам 100-метрового слоя океанской воды, который нагревается летом и охлаждается зимой. На больших глубинах температура почти постоянна. Если океан потеряет все свое



Холодная глубинная вода, чтобы достичь экватора, должна двигаться в западных пограничных течениях и затем направиться к полюсам по мере вертикального перемешивания. Детали глубинной циркуляции еще почти неизвестны, и на карте намечены только предполагаемые ее направления. Есть некоторые свидетельства о существовании таких пограничных течений в Северной Атлантике и есть намеки на их существование в южной части Тихого океана

тепло, накопленное в течение суток, то температура верхних 100 м воды понизится всего на одну десятую градуса.

Хотя океан влияет на температуру атмосферы больше, чем атмосфера воздействует на его температуру, при теплоотдаче он все же охлаждается. Плотность океанской воды определяется двумя факторами: температурой и соленостью. Охлаждение при испарении делает воду плотнее за счет обоих факторов — оно понижает температуру воды, а поскольку вода испаряется почти без солей, то возрастает и соленость. Когда поверхностная вода становится плотнее воды подстилающих слоев, развивается интенсивное вертикальное перемешивание. В некоторых районах океана охлаждение на поверхности может быть таким интенсивным, что вода будет опускаться и перемешиваться до больших глубин — иногда до дна. Охлажденная вода, достигшая больших глубин, прогревается сверху очень медленно, в результате чего она может оставаться на глубине в течение длительного времени, почти не изменяя свою температуру. Есть свидетельства тому, что вода остается холодной на больших глубинах океана в течение более 1000 лет.

Опускание воды, охлажденной на поверхности, — это один из аспектов еще одного важного вида циркуляции в океане — движения вод, возбуждаемого различиями в плотности, т. е. различиями в температуре и солености. Эта термохалинная (плотностная) циркуляция в океане дополняет ветровую циркуляцию.

В формировании термохалинной структуры вод сам океан действует как тепловой двигатель, хотя и менее эффективный, чем атмосфера. Грубо говоря, океан может быть разделен на два слоя: довольно тонкий поверхностный, хорошо прогретый Солнцем, с низкой плотностью и нижний слой большой толщины, более плотный. Нижний слой состоит из воды, температура которой только на несколько градусов выше температуры заморозания. Эта вода поступает из тех немногих районов, где она временно образуется. И где-то — либо во всем океане, либо, возможно, только вблизи берега и в других особых районах — происходит перемешивание между этими слоями. Перемешивание идет таким образом, что холодная глубинная вода смешивается с теплой поверхностной водой быстрее, нежели идет обратный процесс, т. е. холодная вода добавляется к теплой из придонных слоев. Как только воды поступают в верхний слой, их движение в большей степени регулируется ветровой циркуляцией, хотя плотностные различия все еще играют роль. Так или иначе через определенное время некоторое количество этой поверхностной воды попадает в

район, где она охлаждается настолько, что может снова опуститься и, таким образом, замкнуть кругооборот.

Мы видели, что атмосфера приводит в движение океан и что тепло, поступающее из океана — основной источник энергии атмосферы. Эти две системы тесно взаимосвязаны. Атмосферная циркуляция формирует систему океанических течений, которые в свою очередь влияют на то, где и как много тепла высвобождается в атмосферу. Далее, типы атмосферных потоков определяют характер облачности над некоторыми частями океана и, следовательно, степень их прогрева. Атмосферная система не особенно стабильна. Каждый район имеет отличные от других районов холодную или мягкую зиму и влажное или сухое лето. Постоянство таких аномалий на протяжении нескольких месяцев почти наверняка требует участия океана, потому что чисто атмосферные явления непродолжительны. Долгоперподные климатические изменения, такие как «малый ледниковый период», который длился около 40 лет почти до XIX столетия, очевидно, был связан с изменениями в океанической циркуляции.

Существует несколько теорий, касающихся этих событий, а поскольку специалисты не сходятся во мнениях, лучше воздержаться от догматических заявлений. И все-таки можно допустить, что система океан — атмосфера имеет некоторое количество более или менее устойчивых схем циркуляции. Конечно, благодаря сильной турбулентности в атмосфере это равновесие постоянно нарушается. Если система устойчива, то должны вступать в действие силы, стремящиеся восстановить прежние условия после каждого нарушения. Однако в нескольких различных устойчивых моделях возможно, что особенно значительные нарушения изменяют одно устойчивое положение системы на другое.

Представим себе игральную кость, лежащую на грузовике, едущем по неровной дороге. Кость устойчива на одной из своих шести граней несмотря на подпрыгивание и вибрацию. Вверху находится одна и та же грань, пока особенно сильный толчок не встряхнет кость так, что она упадет другой гранью вверх и останется лежать в этом новом положении. Нельзя, по-видимому, совсем исключить, что система океан — атмосфера ведет себя подобно. Может быть, недавно мы все были подброшены, и кость выбросила скажем, «четыре»; 200 лет назад кость могла на короткое время упасть на «три», а затем снова показать «четыре». Она может однажды показать «зменный глаз» (едипу), и наступит новый ледниковый период!



НАЧАЛО ЛУННОЙ СЕЙСМОЛОГИИ

Через сотни тысяч километров доносят радиоволны отзвуки лунных событий. В Океане Буль работает сейсмическая аппаратура, установленная 19 ноября 1969 г. экипажем корабля «Аполлон-12». Четыре сейсмографа способны ощутить ничтожные перемещения поверхности Луны, соизмеримые с размерами атома.

За 7 месяцев принято 160 сейсмических сигналов с Луны. Двадцать шесть из них интерпретируются как лунотрясения с мелкозалагающими очагами. Их магнитуда по шкале Рихтера оценивается в 1—2 балла, а общее количество значительно меньше, чем на Земле. Значит, Луна, по крайней мере в районе исследования, тектонически пассивна.

Почему же происходят лунотрясения? Любопытно, что все они без исключения наблюдаются в те три дня, пока Луна находится в перигее. Очевидно, огромные приливные силы Земли вызывают избыточные напряжения и, как следствие, — сотрясения лунной оболочки. Большая часть естественных сейсмических событий вызвана метеоритными ударами.

Удивительны записи искусственных лунотрясений. Первое произошло 20 ноября 1969 г. Во время подъема лунной кабины «Аполлона-12» ее модуль был сброшен на лунную поверхность в 73 км от сейсмографа. Скорость падения модуля 1,68 км/сек, это эквивалентно взрыву на поверхности Луны заряда тринитротолуола весом 800 кг. Запись следующего искусственного лунотрясения появилась 14 апреля 1970 г.: третья ступень ракеты «Сатурн», которая вывела на орбиту «Аполлона-13», врезалась в лунную поверхность на расстоянии 135 км от сейсмографа, произведя «взрыв» мощностью 10 г. Эти тщательно обработанные уникальные записи в лабораторные измерения скоростей распространения сейсмических волн в образцах лунных пород, собранных мужественными астронавтами «Аполлона-11 и -12», позволили сделать первые обоснованные заключения о структуре Луны по сейсмическим данным.

Одиннадцать авторитетных американских геофизиков подвели итоги первых шагов космической сейсмологии. Оказалось, что в поверхностном слое Луны, толщина которого не-

сколько сантиметров, скорость распространения продольных волн равна 45 м/сек (меньше скорости звука в земной атмосфере), в более глубоком слое, толщиной несколько метров, средняя скорость составляет уже 108 м/сек (меньше, чем в воде земного океана). С глубиной скорость распространения упругих волн стремительно растет. На трассе между местом падения лунного модуля и сейсмографом средняя скорость продольных волн равна 3,1 км/сек, а на более удаленной трассе от места прилунения «Сатурна» до сейсмографа — 4,64 км/сек. На глубинах около 20 км она может достигать значения 4,8—5,6 км/сек. Совпадение измеренных по сейсмограммам скоростей с кривой зависимости скорости от давления (глубины) в лабораторных исследованиях лунных пород свидетельствует, что до глубин 20 км вещество Луны имеет постоянный состав, рост скорости объясняется уплотнением, там нет границ, подобных земной границе Мохоровичича между корой и мантией.

Улекательную загадку преподнесли сейсмологам неожиданно длительные записи искусственных лунотрясений от ударов. Вызванные ими колебания лунной поверхности продолжались час в первом случае и 4 часа — во втором, тогда как на Земле в соответствующих условиях они длятся только несколько минут.

По степени ослабления сейсмических амплитуд во времени оценена так называемая «добротность» Луны — величина, обратная потере энергии при одном пике колебаний. Оказалось, что «добротность» Луны на один-два порядка больше «добротности» пород земной континентальной коры, где энергия упругих волн расходуется частично на необратимые тепловые потери.

Аномально длительные колебания на Луны наблюдаются и при лунотрясениях естественного происхождения. Значит, их причина не в источнике волн, а в особенностях среды.

Две гипотезы конкурируют в объяснении загадочного явления. Гипотеза рассеяния предполагает сильную неоднородность лунного вещества, по крайней мере до глубин в несколько километров. Многочисленные неоднородности удлиняют путь упругих волн. Интересно, что, изучая

распространение ультразвука в стальных пластинах со случайно расположенными отверстиями, исследователи получили записи, очень похожие на лунные сейсмограммы.

Вторая гипотеза, объясняющая растягивание записи, предполагает дисперсию поверхностных волн, т. е. разную скорость пробега колебаний, имеющих разные периоды. Рыхлае отложения на Луне, а также быстрый рост скорости упругих волн в подстилающих кристаллических породах обуславливают эффект, который известен на Земле как «шепчущие галереи» (в атмосфере) или «подводный звуковой канал» (в океане). Если на Луне в поверхностном 30-метровом слое скорость поперечных волн равна 0,1 км/сек, а в подстилающем слое — 1,8 км/сек, то при небольшой разнице периодов поверхностных волн Рэлея (от 1,2 до 1,5 секунд) их групповые скорости будут различаться в ...50 (!) раз и на расстоянии 135 км от источника высокочастотные колебания запаздывают на 74 минуты.

Сейсмические исследования Луны продолжаются. Во время экспедиции «Аполлона-14» на Луны был прострелен первый сейсморазведочный профиль, который позволит подробнее изучить скоростное строение верхней толщи лунных пород. На поверхность Луны опять был сброшен лунный модуль — еще несколько точек появилось на голографическом

«Science», 170, 3958, 1970.

ЛУННЫЙ МИКРОМЕТЕОРИТ



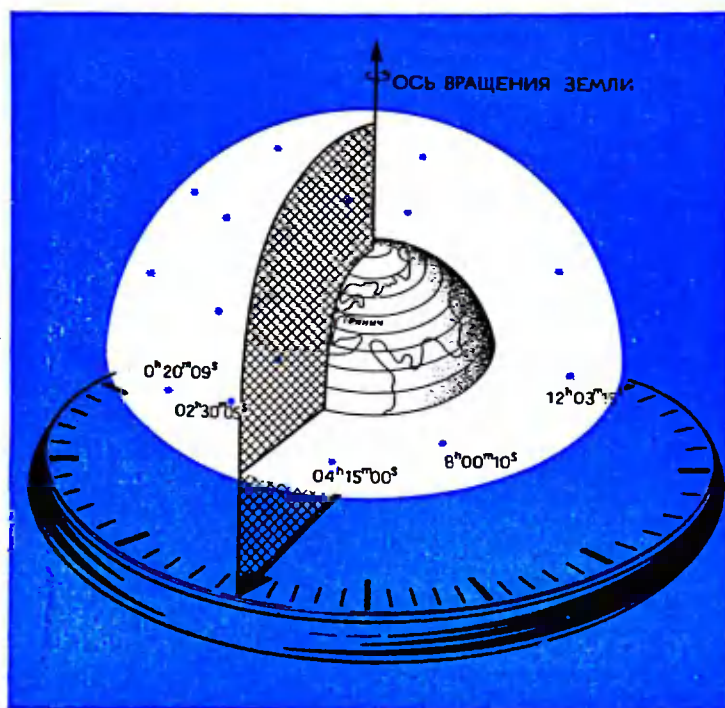
Фотография кусочка железного метеорита, который доставили с Луны на Землю космонавты «Аполлона-11». Размеры кусочка 4 мм. Он долго лежал на Селене. За это время покрывался парашинами и микроскопическими кратерами. Кратерки образованы, вероятно, ударами осколков лунных пород, выбитых падающими на поверхность Луны крупными метеоритами.

«Science», 167, 3918, 1970.

Н. С. СИДОРЕНКОВ
кандидат физико-математических
наук

Часы, время и неравномерность вращения Земли

Время, которым мы пользуемся, определяется скоростью вращения Земли. Но насколько точны часы «Земля»? Как и почему меняется скорость суточного вращения Земли?



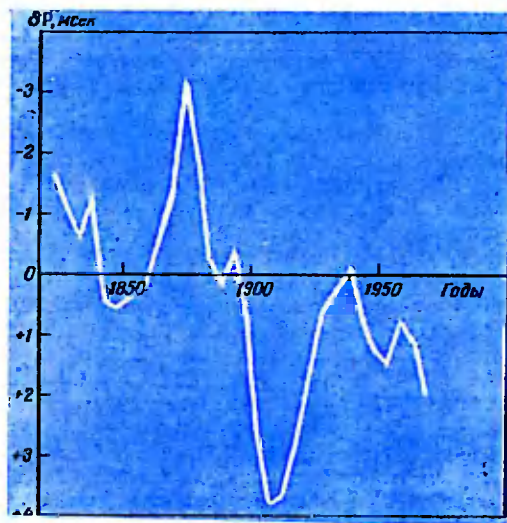
Суточное вращение Земли человек испокон веков использует как часы. Циферблат этих огромных часов — небесная сфера, деления циферблата — звезды, а стрелка часов — плоскость меридиана (плоскость, проходящая через отвесную линию места наблюдения и оба полюса Земли). Плоскость меридиана неподвижна относительно Земли и вращается вместе с ней. На пересечении ее с небесной сферой оказывается та или иная звезда, что и позволяет «отсчитывать» звездное время, которое равно прямому восхождению этой звезды. Величины прямых восхождений звезд всегда можно найти в фундаментальных каталогах и астрономических ежегодниках. Зная звездное время, с помощью простых вычислений получают всемирное или местное среднесолнечное время на Гринвичском меридиане. Это время обозначают TU0 (Temps Universel). Единницей измерения его является период вращения Земли вокруг оси, т. е. сутки. 1/86 400 доля средних солнечных суток составляет одну секунду.

Время TU0 вполне удовлетворяет нас в повседневной жизни, но нуждается в уточнении при решении многих научных задач. Еще в конце XIX в. стало известно, что Земля совершает небольшие колебания относительно оси вращения. Поэтому точки, в которых ось пересекает земную поверхность, — полюсы Земли — движутся. Наблюдения показывают, что полюс всегда перемещается в направлении вращения Земли. Это движение происходит по довольно путаной спиралеобразной кривой, которая то закручивается, приближаясь к некоторому среднему положению — среднему полюсу, то раскручивается, удаляясь от него*. Вследствие перемещения полюсов плоскость меридиана — стрелка часов — колеблется относительно своего среднего положения. Это приводит к ошибке отсчета звездного времени. Чтобы исключить ее, в значение времени TU0 вносят поправку на движение полюсов Земли. Полученное таким образом всемирное время обозначают TU1.

Всемирное время TU1 определяется углом поворота плоскости среднего Гринвичского меридиана и всецело зависит от скорости вращения Земли. Это время применяется в астрономии, геодезии, геофизике.

ВЕКОВОЕ ЗАМЕДЛЕНИЕ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ И ЭФЕМЕРИДНОЕ ВРЕМЯ

Еще в начале текущего столетия мало кто сомневался в непогрешимости часов «Земля».



Изменение скорости вращения Земли в течение последних 150 лет. По оси ординат отложены средние за 5 лет отклонения длительности земных суток от эфемеридных, а по оси абсцисс — годы. Уменьшению длительности суток соответствует увеличение скорости вращения Земли. Заметны нерегулярные изменения скорости с периодами в несколько десятков лет. Вековое замедление слишком мало, поэтому не может отчетливо выявиться на 150-летнем интервале

т. е. в постоянстве скорости суточного вращения Земли. Однако сейчас неравномерность вращения Земли не вызывает сомнений.

В 1695 г. английский астроном Э. Галлей сравнил время наступления затмений Луны, наблюдавшихся в древности, с моментами затмений, вычисленными на основании гравитационной теории тяготения. Оказалось, что вычисленные моменты опережали наблюдаемые. Следовательно, как установил Галлей, движение Луны по орбите ускоряется. Это ускорение могло быть либо реальным возрастанием скорости движения Луны по орбите, которое не учитывалось теорией, либо кажущимся из-за уменьшения скорости суточного вращения Земли. Если справедливо последнее, то часы «Земля», по которым определяют моменты наблюдений светил, должны постоянно отставать от воображаемых, абсолютно точных часов классической механики, которые используются при вычислении эфемерид, т. е. координат того или иного светила на определенные дни года. Но тогда не только эфемериды Луны, но эфемериды всех других тел солнечной системы должны постоянно расходиться с их фактическими положениями. Очевидно, что эти расхождения — невязки пропорциональ-

* А. А. Михайлов. Движение земных полюсов. «Земля и Вселенная», № 6, 1970 г. (Прим. ред.)

ны скорости видимых движений небесных тел. Поскольку скорости видимых движений Солнца и планет значительно меньше, чем у Луны, то их невязки должны быть сравнительно небольшими.

Низкая точность астрономических наблюдений не позволила Э. Галлею открыть такое же, как у Луны, ускорение в движении Солнца и планет. Поэтому астрономы считали ускорение Луны реальным и пытались объяснить его причину. В 1787 г. французский ученый П. Лаплас нашел, что вследствие векового уменьшения эксцентриситета земной орбиты движение Луны должно ускоряться на 10 секунд дуги в столетие. Этот результат совпадал с наблюдаемым ускорением, и потому никто не сомневался в его верности и в непогрешимости часов «Земля».

В середине XIX в. английский астроном А. Адамс тщательно проверил вычисления Лапласа. Он обнаружил, что движение Луны должно ускоряться не на 10, а на 6 секунд дуги в столетие. Вместе с тем, более точный анализ древних затмений показал, что ускорение Луны равно не 10, а 12 секундам дуги в столетие, т. е. вдвое больше величины, полученной Адамсом. Некоторые ученые оспаривали результат Адамса, другие же своими вычислениями подтверждали его. Вопрос о природе векового ускорения движения Луны по орбите оставался нерешенным.

И вот в конце XIX — начале XX столетия американские астрономы С. Ньюком, Э. Браун, английский астроном Г. Спенсер Джонс и другие ученые обнаружили не только ускорения, но и беспорядочные отклонения — флуктуации в движениях Луны, Солнца, Меркурия, Венеры, Марса и спутников Юпитера. Замечательно то, что все обнаруженные невязки были пропорциональны скоростям видимых движений светил. Это указывало, что отклонения наблюдаемых положений светил от их эфемерид возникают только из-за неравномерности суточного вращения Земли. Действительно, если вращение Земли замедляется, сутки становятся длиннее и светило проходит тот или иной путь за меньшее число суток. При вычислении же эфемерид мы считаем сутки абсолютно постоянными. Поэтому у нас создается впечатление, будто движение светила ускоряется.

В 30-е годы текущего столетия стало ясно, что всемирное время, по которому определяется момент наблюдения того или иного тела, не совпадает с равномерно изменяющимся временем классической механики, которое используется при вычислении его эфемериды. Оказывается, если в значении всемирного времени в момент наблюдения внести некоторую поправку,

то у всех тел солнечной системы невязки исчезают. Время, вычисленное таким образом, называют эфемеридным и обозначают TE (Temps des Éphémérides).

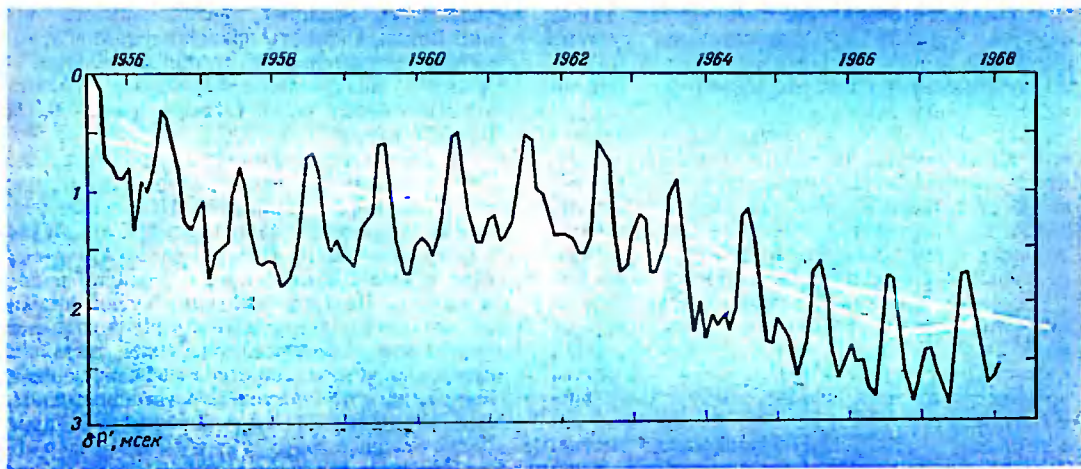
Понятие эфемеридного времени официально было введено в 1950 г. С 1960 г. координаты Солнца, Луны и планет в астрономических ежегодниках даются не по всемирному времени, как это делалось раньше, а по эфемеридному. Секунда всемирного времени оказалась не очень точной, поэтому ввели новую секунду — эфемеридную. Она равняется $1/31556\ 925\ 9747$ доли продолжительности тропического года от середины 1899 г. до середины 1900 г. 86 400 эфемеридных секунд составляют эфемеридные сутки.

Изменение скорости вращения Земли вокруг оси, или изменение длительности суток, можно найти, сравнивая всемирное время с любым другим, более равномерным временем. Так как точность определения эфемеридного времени пока не превышает нескольких десятых долей секунды, то при сопоставлении всемирного времени с эфемеридным удается обнаружить лишь самые значительные (с периодом в несколько десятков лет) изменения длительности суток. Так было открыто вековое замедление вращения Земли. Оказалось, что продолжительность земных суток монотонно возрастает примерно на 0,001 секунды в столетие. Кроме того, обнаружили сложные нерегулярные изменения скорости вращения Земли. В течение последних двух столетий было, что длительность земных суток отличалась от эфемеридных более чем на 0,004 секунды. Изменялась ли длительность суток постепенно или мгновенно, точно установить нельзя. Одни ученые считают, что скорость вращения Земли менялась скачками, и называют нерегулярные изменения скачкообразными; другие, наоборот, признают только плавные вариации скорости вращения Земли.

АТОМНЫЕ ЧАСЫ И КОРОТКОПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ

Время по часам «Земля» можно определять лишь при ясной погоде и в основном ночью. А как же быть, когда деления циферблата часов «Земля» — звезды не видны? Очевидно, нужны приборы для хранения времени. На протяжении многих веков время хранили маятниковые часы. Они, конечно, были значительно менее точными, чем часы «Земля».

Наблюдения показывают, что часы «Земля» хранят время с точностью до 10^{-8} (ошибка не превышает 10^{-8} доли измеряемого интервала



Сезонные колебания скорости вращения Земли. По оси ординат отложены средние за месяц отклонения длительности земных суток от атомных. Гребни кривой соответствуют максимальной скорости вращения Земли (июль — август), а впадины — минимальной (октябрь — ноябрь и март — апрель). На кривой заметны слабые, очень неустойчивые максимумы скорости вращения Земли, приходящиеся на зимние месяцы. Белая сплошная линия показывает среднее замедление скорости вращения Земли, а штрих-пунктирная — волнообразное изменение с периодом 9—10 лет

времени). Они, например, могут уйти вперед или отстать от воображаемых абсолютно точных часов классической механики за год не более чем на одну секунду.

В 30-е годы текущего столетия появились кварцевые часы. Они очень точны лишь на небольших интервалах времени. Так, на протяжении нескольких месяцев кварцевые часы хранят время с точностью до 10^{-10} , т. е. в сто раз лучше, чем часы «Земля». Но через несколько лет показания двух кварцевых часов могут разойтись на десятки секунд. И виновата в этом кварцевая пластинка — маятник часов, который быстро стареет. Понятно, что с такими часами нельзя обнаружить изменение скорости вращения Земли за период более года. По кварцевым часам было установлено, что ход часов «Земля» меняется в течение года. Весной часы «Земля» немного отстают от кварцевых, а осенью спешат. Следовательно, длительность суток колеблется от сезона к сезону. Так, в конце 30-х годов была открыта сезонная неравномерность вращения Земли. Значительная заслуга в этом открытии принадлежит французскому ученому Н. М. Стойко.

В 50-е годы изобрели высокостабильные молекулярные генераторы и атомные стандарты частоты. Вскоре их стали применять для контроля хода кварцевых часов. Такие устройства называли молекулярными или атомными часами *. Время, отсчитанное по этим часам, называют атомным и обозначают ТА (Temps Atomique).

Измерения атомного времени основаны на том, что частота электромагнитных колебаний, излучаемых или поглощаемых атомами или молекулами некоторых веществ при переходе из одного энергетического состояния в другое, всегда одинакова. За единицу атомного времени принята атомная секунда. Она определяется интервалом времени, за который совершается $9\,192\,631\,770$ электромагнитных колебаний, соответствующих переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133. По аналогии с земными и эфемеридными сутками введено понятие атомных суток.

* Н. С. Блянов. Атомное время. «Земля и Вселенная», № 5, 1966 г. (Прим. ред.)

Они содержат 86 400 атомных секунд. Таким образом, единицы и, следовательно, система атомного времени совершенно не связаны с вращением Земли и никак не зависят от астрономических наблюдений.

Атомные часы уже теперь хранят время с точностью порядка 10^{-12} . Это равносильно тому, что показания двух атомных часов за 10 000 лет не могут разойтись более чем на одну секунду. За 14 лет эксплуатации показания отдельных атомных часов расходились за месяц на микро-секунды. Все они шли достаточно равномерно.

Высокая точность и равномерность системы атомного времени, несомненно, приближает ее к системе абсолютно равномерного времени классической механики и позволяет уже сейчас во многом заменить систему эфемеридного времени. Правда, ученые пока не знают, равна ли длительность атомной и эфемеридной секунд. Только по истечении многих десятилетий выяснится, насколько точно атомная секунда соответствует эфемеридной.

Введение атомного времени открыло новый этап в изучении неравномерности вращения Земли. Теперь надежность определения вариаций скорости вращения Земли зависит только от точности отсчета всемирного времени. Если бы мы знали точно непрерывные показания часов «Земля», то, сравнивая их с показаниями атомных часов, могли бы обнаружить колебания длительности суток любых периодов. Однако ошибка отсчета времени по часам «Земля» еще велика (около $\pm 0,005$ секунды). Поэтому пока нельзя выявить изменения длительности суток с периодами короче одного месяца.

Что же было обнаружено при сравнении всемирного времени с атомным? Прежде всего, под-

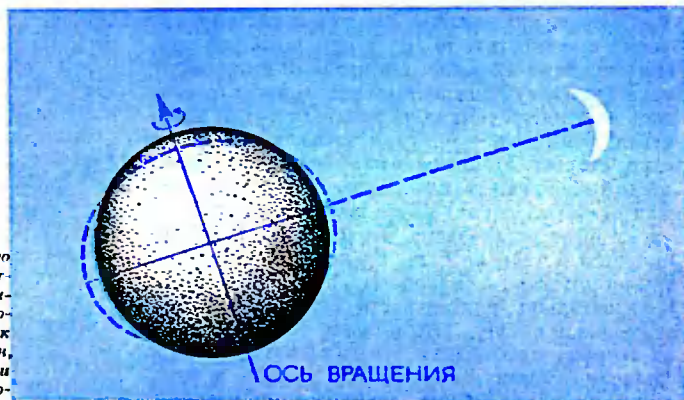
твердилась сезонная неравномерность вращения Земли. Скорость вращения Земли и, следовательно, длительность суток колеблются с годовым и полугодовым периодами. Амплитуды этих колебаний соответственно равны 0,0005 и 0,0003 секунды.

В результате сезонных колебаний вращение Земли с мая по июль ускоряется, а с августа по октябрь замедляется. Небольшое ускорение наблюдается также в декабре, а замедление в феврале — марте. Быстрее всего Земля вращается в июле, а медленнее — дважды: в ноябре и апреле. Поэтому июльские сутки приблизительно на 0,001 секунды короче ноябрьских и апрельских. Сезонные колебания длительности суток, как и большинство геофизических процессов, не отличаются строгим постоянством. Амплитуды и фазы их меняются случайным образом от года к году.

Замечено также, что с 1955 г. часы «Земля» замедляют свой ход, т. е. длительность земных суток непрерывно увеличивается. Вычисления показывают, что в 1955 г. сутки были на 0,002 секунды короче, чем в 1969 г. Наблюдаемое замедление не имеет ничего общего с вековым: ведь тогда бы длительность суток возросла на 0,002 секунды лишь за 200 лет. Оно, по-видимому, связано с неправильным колебанием скорости вращения Земли, период которого составляет несколько десятков лет.

Помимо постепенного замедления, обнаруживается колебание скорости вращения Земли с периодом 9—10 лет. Амплитуда этого колебания равняется примерно 0,0003 секунды. Отмечаются также многочисленные короткопериодические флуктуации длительности суток.

Итак, колебания скорости суточного враще-



Приливообразующая сила растягивает Землю вдоль прямой, соединяющей ее центр с центром Луны. Момент инерции сплюснутой Земли больше, чем момент инерции недеформированной, шарообразной планеты. Так как угловой момент в любом случае постоянен, то скорость вращения сплюснутой Земли оказывается несколько меньше, чем недеформированной.

ния Земли содержат составляющие с периодами от нескольких месяцев (и менее) до десятков и сотен лет. Причем скорость вращения Земли изменяется настолько сложно, что сделать надежные выводы о ее величине в прошлом или будущем практически невозможно.

ПРИРОДА НЕРАВНОМЕРНОСТИ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ

Очень многое влияет на скорость суточного вращения Земли, например, изменения в распределении воздушных масс в атмосфере, снежного и ледяного покровов, осадков и растительности на земной поверхности, вариации уровня Мирового океана и т. п. Даже если кто-либо из живущих в северном полушарии переезжает с юга на север, скорость вращения Земли возрастает... Ведь момент инерции планеты Земли в этом случае уменьшается, а произведение момента инерции на угловую скорость, как известно, должно оставаться постоянным. Однако все перечисленные эффекты обуславливают настолько малые изменения угловой скорости, что они не идут ни в какое сравнение с наблюдаемыми вариациями суточного вращения Земли.

Заметную роль в изменениях скорости вращения Земли играют земные приливы. При движении Луны «вокруг Земли» и системы Земля — Луна «вокруг Солнца» меняется расстояние от Земли до Луны и Солнца. Поэтому сила притяжения Земли Луной и Солнцем не остается постоянной. Это приводит к изменению высоты приливных выступов и, следовательно, к изменению момента инерции Земли. А всякое уменьшение или увеличение момента инерции Земли связано, соответственно, с ускорением или замедлением скорости вращения Земли.

Кроме того, приливные выступы постоянно перемещаются по земной поверхности вслед за Луной и Солнцем с востока на запад, т. е. в направлении, обратном суточному вращению Земли. Естественно, что при таком перемещении возникают силы трения, которые тормозят вращение Земли. Благодаря этому и происходит вековое замедление вращения Земли.

Наиболее сильно скорость вращения Земли меняется под действием атмосферной циркуляции. Атмосфера — это гигантская тепловая ма-

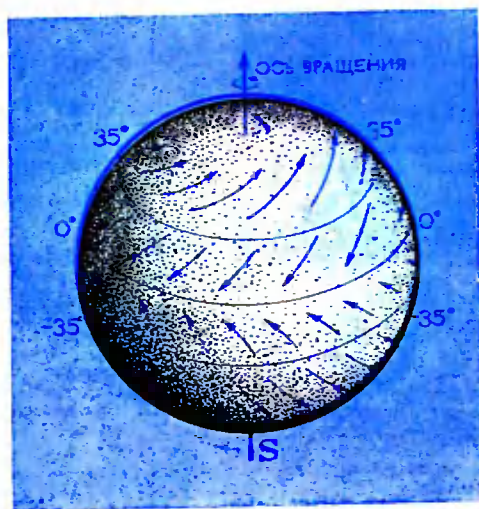


Схема приземных ветров. Западные ветры, которые преобладают в умеренных широтах, ускоряют вращение Земли, а господствующие в приэкваториальных областях восточные, наоборот, тормозят

шина, которая превращает энергию солнечных лучей в кинетическую энергию движения воздуха — ветра. Механизм возникновения и сохранения атмосферной циркуляции таков, что ветры в атмосфере направлены главным образом вдоль земных параллелей. В одних местах преобладают западные ветры, в других — восточные. Приземные западные ветры ускоряют вращение Земли, а восточные, наоборот, тормозят. Действия восточных и западных ветров в значительной степени компенсируются. Однако полной компенсации, как правило, нет. В некоторые дни года преобладают западные ветры, и тогда Земля ускоряет свое вращение. В другие же дни более сильно проявляется действие восточных ветров, и вращение Земли замедляется. К сожалению, до сих пор не организованы регулярные вычисления ускорений вращения Земли по данным глобальных метеорологических наблюдений. Это вносит значительную неопределенность в наши знания о неравномерности вращения Земли.

ВАЖНЫЙ ДОГОВОР

XXV сессия Генеральной Ассамблеи ООН одобрила 7 декабря 1970 г. Договор о запрещении размещения на дне морей и океанов и в его недрах ядерного оружия и других видов оружия массового уничтожения. Договором предусматривается, что странами-депонитариями будут Советский Союз, Соединенные Штаты Америки и Великобритания.

11 февраля 1971 г. состоялось подписание Договора. В Москве Договор подписали представители трех государств-депонитариев Договора: от имени Советского Союза — министр иностранных дел СССР А. А. Громыко, от имени Великобритании — посол Великобритании в Советском Союзе сэр Данкен А. Вильсон, от имени США — посол Соединенных Штатов Америки в Советском Союзе Джейкоб Д. Бим. Договор также подписан представителями 40 государств.

При подписании Договора выступил Председатель Совета Министров СССР А. Н. Косыгин, который выразил удовлетворение началом подписания Договора и надежду, что Договор будет подписан и ратифицирован самым широким кругом государств и вступит в силу в ближайшее время. А. Н. Косыгин назвал Договор «важным международным документом», который будет содействовать смягчению международной напряженности и улучшению отношений между государствами.

«Научно-технический прогресс, — сказал А. Н. Косыгин, — позволит начать освоение человеком новой, до недавнего времени закрытой для него части планеты — дна морей и океанов. Но вместе с тем были созданы возможности для размещения там ядерного и другого оружия массового уничтожения. Очевидно, что подобное использование морского дна расширило бы масштабы гонки вооружений. Такое развитие необходимо своевременно претворить. Ведь как показывает опыт, гораздо труднее остановить гонку вооружений там, где она уже ведется, чем не допустить ее разветвления в новых средах».

А. Н. Косыгин подчеркнул, что Советский Союз подписывает Договор, так как он отвечает неизменной цели ленинской внешней политики нашего государства — укреплению мира и обеспечению безопасности народов.

ПОЛЕТ «АПОЛЛОНА-14»

«Аполлон-14» стартовал 1 февраля в 00 часов 03 минуты по московскому времени. На борту находились космонавты А. Шепард (командир), С. Руса и Э. Митчелл. Лунная кабина 5 февраля опустилась в районе кратера Фра Мауро (этот район должен был исследоваться в апреле 1970 г. экипаж космического корабля «Аполлон-13»).

А. Шепард и Э. Митчелл дважды выходили на лунную поверхность. Длительность каждого выхода составляла 4—5 часов. 5 февраля они экспонировали ловушку атомов инертных газов в солнечном ветре (ловушка возвращена для анализа на Землю), а на расстоянии нескольких

сот метров от места посадки установили радионуклидное энергетическое устройство, блок телеметрической аппаратуры для передачи информации, детектор ионов, пассивный сейсмометр и детектор заряженных частиц. В комплект научных приборов входили также пассивный сейсмометр и лазерный отражатель. Как известно, подобный отражатель установлен в Море Спокойствия Н. Армстронгом и Э. Олдрином (июль 1969 г.), а сейсмометр — в Океане Бурь Ч. Конрадом и А. Бивом (ноябрь 1969 г.). Напомним, что первая советская самодвижная автоматическая лаборатория «Луноход-1» имеет лазерный отражатель, изготовленный французскими специалистами в соответствии с программой сотрудничества СССР и Франции по исследованию и использованию космического пространства. Пассивный сейсмометр зарегистрировал сейсмические колебания, вызванные падением на Луну взлетной ступени. Эти колебания измерил и сейсмометр в Океане Бурь.

А. Шепард и Э. Митчелл установили три геофона (активные сейсмометры), предназначенные для регистрации искусственно создаваемых колебаний в районе посадочной площадки. Это позволит зондировать Луну. Геофоны разнесены на 47 м друг от друга. Сразу после монтажа один из космонавтов прошел вдоль кабеля, соединяющего активные сейсмометры, и через каждые 4—5 м взрывал небольшие пиротехнические заряды. Следующий сеанс работы геофонов — в августе 1971 г. По команде с Земли четыре пусковые установки, оставленные на Луне, выстрелят гранатами, которые полетят на 150, 300, 900 и 1500 м.

6 февраля космонавты производили измерения портативным магнитометром, установленным на тележке, и продолжили сбор образцов лунных пород. В этот день А. Шепард и Э. Митчелл пытались достичь кратера Коун. Для этого надо было пройти около 1 км. Но космонавты не смогли подняться по склону до самой вершины кратера, где предполагали найти наиболее интересные образцы. Подъем по склону потребовал значительно больше времени, чем рассчитывали: мешали большие камни, ноги вязли в пыли, скафандр стеснял движения. Всего за оба выхода удалось собрать около 43 кг образцов.

Лунная кабина стартовала с Луны 6 февраля. Приблизительно через два часа на окололунной орбите она встретилась с основным блоком космического корабля. Еще через пять часов космонавты направились к Земле. 10 февраля они благополучно приводнились в Тихом океане.



Экипаж космического корабля «Аполлон-14» в лунной кабине во время заводских испытаний. Сверху вниз: Э. Митчелл, С. Руса и А. Шепард



Д. Я. МАРТЫНОВ
профессор

Астрономия середины XX столетия

Нередко для того, чтобы понять сегодняшний день, нужно заглянуть в день вчерашний, а может быть, и в более далекий. Этим занимается история. История государств и народов. История искусства, литературы, истории науки. И всюду мы замечаем, что в памяти человечества остается тем меньше, чем больше давность событий. Иной раз создается впечатление, что даже события, потрясавшие современников, проходят без всяких последствий для будущих поколений.

Данте и Шекспир, Свифт и Вольтер, Гёте и Байрон, Пушкин и Толстой — заметные вехи на пути духовного развития рода человеческого, а современные им, давно забытые посредственные авторы — только фон. На современном нам языке физики это звучит так: мы воспринимаем лишь немногие сигналы, которые возвышаются над уровнем шумов больше чем на утроенную среднюю квадратичную флуктуацию и которые составляют реальное содержание исследуемого вопроса. А шумами мы пренебрегаем.

Наука тоже подчинена этому «закону забывания». Но в меньшей степени. Точные науки — это многотажное здание, в котором не-

прерывно идет надстройка, но из-под которого нельзя убрать фундамент или даже один этаж без того, чтобы остальные не повисли, потеряв опору.

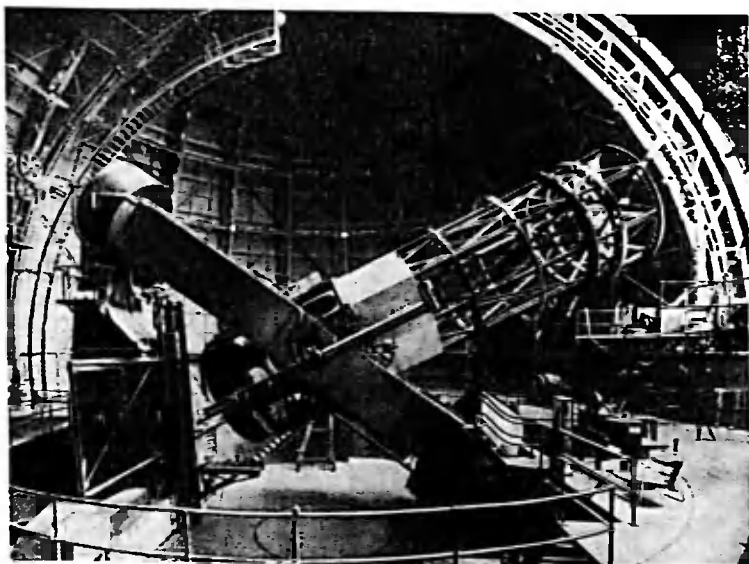
Конечно, и в науке бывают заблуждения, неверные направления. Со временем они рушатся и забываются. Это тоже фон. Бывают периоды, когда фон становится выше сигнала, хотя и уровень сигнала достаточно высок (например, эпоха Коперника).

Но не будем смотреть на прошлое с величавой снисходительностью. Птолемей, воскресни он в наши дни, предстал бы перед нами не в жалком обличьи недоразвитого ребенка или закоренелого упрямца, а в одеждах крупного ученого своего времени, знающего то, о чем он говорит, и убежденного в справедливости своих представлений.

Мы тоже дети своего века — блестящей эпохи, когда каждое новое полустолетие приносит нечто такое, что перестраивает сложившиеся представления, вносит новые идеи и новое содержание в науку и ведет к переосмыслению ранее известных фактов. Именно в этом поступательное, а не круговое движение науки!

Казалось бы, не следовало ломиться в открытую дверь, доказывая, что наука движется вперед. Но в философии не раз бывали рецидивы недоверия к науке, ее неадекватности объективной реальности, а иногда и отрицание самого существования объективной реальности. Все это глубоко чуждо и враждебно философии диалектического материализма, грубо противоречит ленинской теории отражения и критериям практики, показывающему непрерывное совершенствование технического развития че-

Сокращенный текст доклада на V съезде ВАО. Автор отдает себе полный отчет в том, что многие важные разделы современной астрономии слабо отражены или вовсе не затронуты в настоящей статье. Но заменить слово «астрономия» на «астрофизику», как это могло бы показаться на первый взгляд очевидным, было бы неправильно, во-первых, потому, что астрофизика составляет главную и наиболее характерную часть современной астрономии, а во-вторых, потому, что астрофизика своими достижениями обязана многим другим областям астрономии. (Прим. автора.)



В 20-х годах нашего века крупнейшим телескопом был 2,5-метровый рефлектор обсерватории Маунт Вилсон. На этом инструменте Э. Хаббл фотографировал внегалактические туманности

ловечества, которое имеет в своей основе науку. Разве наука, не соответствующая объективной реальности, могла бы поставить человечество на один уровень с геологическими и географическими факторами в преобразовании планеты и вывести человечество за пределы породившей его Земли?

Нас интересует, к чему и как пришла астрономия в середине XX столетия и что ее ожидает еще до наступления XXI века, когда предсказания станут предметом проверки нашими сыновьями и внуками. И здесь должна помочь история, чьи уроки учат не бояться самых смелых предвидений: сколько раз пессимистические оценки по поводу развития науки опровергались самым резким образом. И наоборот, как часто блестящие догадки остаются незамеченными современниками и обретают реальность лишь после вторичного открытия много лет спустя. Иной раз целое столетие необходимо для того, чтобы утверждение из статьи, посланной в академию, перешло в учебник!

Первое, что мы должны крепко держать в уме, это — неразрывную связь астрономии с физикой. Ведь астрономия — всего лишь форпост физики в познании Вселенной, это — часть макрофизики. Вместе с тем, она и форпост микрофизики, потому что воспроизводимые превращения и открываемые новые и новые элементарные частицы материи обнаружива-

ются в астрономических явлениях как неизменные и могучие факторы образования и развития космической материи в звездах, туманностях и межзвездном веществе. А то, что происходит в пульсарах и, быть может, в квазарах, одинаково интересует физиков и астрономов также и потому, что не поддается пока ни экспериментальному воспроизведению, ни теоретическому истолкованию.

Три события в физике на рубеже XIX и XX столетий определили возникновение и развитие теоретической астрофизики и ее крупнейшие завоевания в XX веке: создание квантовой теории Планком, рождение теории относительности Эйнштейна и построение теории лучистого переноса Шустером и Шварцшильдом. Квантовая теория определила в дальнейшем все развитие спектроскопии в астрономии и, в частности, позволила выяснить не только химический состав небесных тел, но и физические условия на них и в них. Теория относительности как теория сверхбыстрых движений и сверхогромных объемов сделала возможным сознательно направленное (а не по воле случая) изучение Метагалактики и Вселенной в целом. (До Эйнштейна содержание космологии — науки о Вселенной в целом составляли немногочисленные парадоксы, вписавшие растерянность.) Наконец, теория переноса излучения и сама идея лучистого равновесия поставили проблему строения звезд-

ных атмосфер и внутреннего строения звезд на надежное основание строгой физической теории.

Успехи наблюдательной астрономии XX века во многом обязаны методам радиофизики, развившимся до огромного раздела радиоастрономии. В радиоастрономии диапазон изучаемого космического излучения в десятки раз обширней, чем в классической астрономии, а чувствительность метода к минимальным дозам приходящего излучения превосходила чувствительность всех ранее применявшихся методов. К этому следует прибавить, что радиофизика впервые вывела астрономию в область активного эксперимента — радиолокации небесных тел. Другим приобретением астрономии стали заатмосферные полеты ракет, искусственных спутников Земли, автоматических межпланетных станций и т. п., еще более усилившие активные формы астрономического эксперимента. На этот раз расширение спектрального диапазона пошло в другую сторону, в коротковолновую, и сделало возможным изучение далекого ультрафиолетового, рентгеновского, гамма-излучений, а также корпускулярного.

Совершенствовались и классические методы. С одной стороны, непрерывно росли размеры телескопов. В начале столетия (до 1918 г.) астрономы располагали только тремя рефлекторами с диаметром главного зеркала больше метра. Самым крупным из них был 2,5-метровый телескоп, установленный в 1917 г. Начиная с 30-х годов число и размеры телескопов начинают быстро расти, и уже перед второй мировой войной почти закончилось изготовление 5-метрового зеркала. В 50-е годы зеркала размером 1—1,5 м считаются средними, поскольку 2-метровых телескопов стало около десятка. Скоро в нашей стране вступит в строй 6-метровый телескоп.

С другой стороны, были изобретены новые оптические системы: система Шмидта с очень широким полем и менисковая система Макуэвеля.

Продолжалось совершенствование оптических приемников радиации — фотоэмульсий, фотокатодов. Были сконструированы и нашли самое обширное применение фотоэлектронные умножители и преобразователи изображений. Высокочувствительные фотосопротивления и тепловые детекторы значительно расширили возможности исследования инфракрасного излучения небесных тел. Стали измерять потоки порядка 1 фотона в секунду, для чего потребовалось длительное накопление сигнала. В радиоастрономии метод накопления позволил измерить сигнал, энергия которого равна работе,

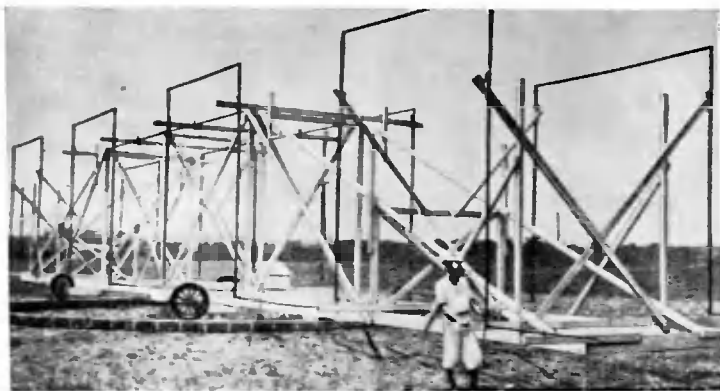
затрачиваемой комаром на один шаг. Именно такова была энергия отраженного сигнала при радиолокации Венеры.

В результате всех этих усовершенствований расширялась доступная исследованию часть Вселенной, росло разнообразие открытых и познанных астрономических объектов.

Существенный и быстрый прогресс в этом отношении начался в 1925 г., когда Э. Хаббл



В Специальной астрофизической обсерватории АН СССР закончился монтаж основных узлов 6-метрового рефлектора. Этот телескоп будет самым большим в мире



С этой скромной антенны начиналась радиоастрономия. К. Янский с ее помощью впервые зарегистрировал радиоизлучение из космического пространства

удалось с полной убедительностью показать, что туманность Андромеды и другие яркие внегалактические туманности — самостоятельные звездные системы, подобные системе Млечного Пути. Решающую роль в этом открытии сыграло искусство Хаббла как наблюдателя и тот 2,5-метровый рефлектор, который позволил ему выделить в периферических частях нескольких туманностей отдельные звезды. Открытие Хаббла было охотно воспринято, так как правильные догадки о природе внегалактических туманностей высказывались и ранее. Но в памяти современников еще была свежа космогоническая гипотеза Мультона — Чемберлена, в которой спиральные туманности рассматривались как планетные системы в стадии образования. Неудивительно поэтому, что еще в 1930 г. вполне уместной оказалась диссертация А. В. Маркова, в которой он фотометрическими исследованиями подтверждал правильность идеи Хаббла.

Параллельно с работами Хаббла велись спектральные исследования внегалактических туманностей. И обнаружилось странное обстоятельство: чем слабее туманность, тем большую она имеет скорость движения по лучу зрения, причем почти всегда туманности удаляются от нас. Лишь самые яркие (а следовательно, самые близкие) туманности как будто бы приближаются к нам с незначительной скоростью. Вскоре Хаббл установил, что скорость удаления туманностей пропорциональна их расстоянию от нас. Так был открыт закон Хаббла, который не поколеблен до настоящих дней, хотя сейчас мы измеряем скорости внегалактических туманностей, находящихся от нас почти в 100 раз дальше тех, которые измерял Хаббл.

В основе закона Хаббла лежит смещение спектральных линий в спектрах туманностей в длинноволновую, т. е. в красную сторону, так что вместо лабораторной длины волны λ наблюдается длина волны $\lambda + \Delta\lambda$. По принципу Доплера можно истолковать это «красное смещение» $\Delta\lambda$ как результат удаления источника со скоростью:

$$v = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} c = zc,$$

где $z = \Delta\lambda/\lambda$, а c — скорость света.

Закон Хаббла математически формулируется так:

$$cz = Hr,$$

где r — расстояние до туманности, а H — коэффициент пропорциональности, получившей название «постоянной Хаббла». Сам Хаббл считал величину H близкой к 500 км/сек на мегапарсек, но за последующие 40 лет в результате пересмотра расстояний до наблюдавшихся туманностей эта цифра снизилась до 100 км/сек на мегапарсек, а многие предпочитают значение 75 км/сек на мегапарсек.

Подобие больших спиральных туманностей нашей Галактике привело к изменению терминологии: внегалактические туманности стали называть галактиками, а всю их совокупность в пространстве, их заключающее, Метагалактикой.

Расстояние между галактиками значительно превышает их размеры, что породило идею «островной Вселенной». Но в дальнейшем оказалось, что лучше говорить о галактиках не как об уединенных островах, а как об островах, входящих в обширные архипелаги — скопления галактик. Таким образом, Метагалактика — не однородное образование, но она имеет опре-

деленную структуру, хотя, быть может, очень большие ее области подобны друг другу, и тогда можно считать Вселенную в достаточной степени однородной.

Но для полного понимания Вселенной как целого совершенно необходимо было правильное истолкование красного смещения в спектрах галактик. Почти четверть века — до 50-х годов красное смещение оставалось предметом самого оживленного обсуждения среди астрономов, физиков и философов. Дело в том, что красное смещение стало опорным фактором для космологических построений, которые теперь с помощью общей теории относительности приобрели основательность научной теории, свободной от парадоксов. Правда, освобождение от парадоксов произошло за счет введения некоторых дополнительных предположений, которые, однако, удачно вписывались в теорию. Во всех вариантах описания Вселенной как це-

лого общим было то, что Вселенная рассматривалась как материальное выражение четырехмерной совокупности пространства и времени, в которой происходит разбегание галактик. Но вовсе не обязательно представлять себе нашу Вселенную как нечто ограниченное, расширяющееся неведь куда!

Да, все галактики разбегаются, и если вдруг время потечет вспять, то в силу линейного характера закона Хаббла совокупность галактик будет собираться все теснее, пока... Вот это «пока» и оказывается самой неопределенной частью космологических построений: была ли Вселенная когда-то (около 10 млрд. лет назад) сосредоточена в ничтожно малом объеме, где плотность вещества и излучения достигла чудовищных, может быть, даже бесконечно больших значений, а само вещество попало в условия, не поддающиеся теоретическому анализу? Или, может быть, это начальное состоя-



Один из мощных современных радиотелескопов. Он установлен в обсерватории Паркс (Австралия). Диаметр параболического зеркала 63 м

ние нынешнего этапа существования Вселенной было предельным, критическим, но не бесконечно пным, а лишь очень пным, и ему предшествовал другой этап ее бытия? А может быть, очень много и не было, а разбегание галактик началось в момент, когда плотность была сравнительно невысокой?

Ответы на эти вопросы астрономы, возможно, найдут, исследуя фоновое излучение, равномерно заполняющее пространство. Его можно рассматривать как остаток того излучения, которое родилось в момент павшей плотности Вселенной, когда она была невообразимо горяча. При расширении Вселенной плотность излучения падала, и сейчас она достигает плотности излучения абсолютно черного тела с температурой около 3°K (-270°C). Было бы неосторожным сегодня считать, что обнаруженное фоновое излучение удовлетворяет всем признакам, которые мы вправе от него ожидать как от остаточного, но можно надеяться, что в близком будущем будут добыты необходимые доказательства.

Итак, Вселенная нестационарна — таков вывод современной астрономии и космологии, и будущему поколению ученых предстоит уточнить этот вывод, придать ему детальность: выяснить, каков характер нестационарности Вселенной, какова геометрия ее, как долго продолжается нынешний этап ее существования и не является ли наблюдаемая нами Вселенная, которую мы неосторожно называем Метагалактикой, лишь частью, лишь отдельным сгустком в бесконечной Вселенной?

Но и эта часть грандиозна по размерам!

Интересно проследить, как росли во времени размеры доступной исследованию и познанию области Вселенной. С древних времен и до эпохи Возрождения изучалась практически лишь внутренняя часть планетной системы, включая Сатурн, простиравшаяся на расстояния $1,5 \times 10^9$ км, или около 1,25 светового часа, причем истинные размеры эти плохо знали в ту пору. Только в конце XVIII столетия было получено правильное представление о расстоянии между Землей и Солнцем, в XVIII столетии появились оценки расстояний до звезд, а к середине XIX в. расстояния до звезд стали измерять.

Но уже раньше В. Гершель начал изучать строение Млечного Пути, не зная ничего о его подлинных размерах, которые, по нашим теперешним представлениям, достигают 10^{17} — 10^{18} км, или около 60 000 световых лет в поперечнике. Гершель наблюдал и галактики, но правильные оценки расстояний до них дал лишь Хаббл. В середине XX столетия мы уже знали, что даже ближайшие галактики — Магеллановы Облака и туманность Андромеды — отстоят от

нас на многие сотни тысяч и миллионы световых лет, а очень слабые галактики, расстояние до которых получают по красному смещению линий в их спектрах, удалены на несколько миллиардов световых лет. Наконец, радиоастрономия открыла объекты, красное смещение у которых достигает значения 2,88, чему соответствует скорость 0,88 с п расстояние свыше 8,5 млрд. световых лет. Последняя величина лишь иллюстративна, так как переход от красных смещений к расстоянию в общей теории относительности осуществляется по-разному для разных моделей мира. Но порядок величины верен, и мы можем смело сказать, что нашим наблюдениям теперь доступны объекты, свет которых идет до нас около 10 млрд. лет! Таким образом, за какие-нибудь 130 — 140 лет астрономия расширила свой горизонт на 9 порядков, а объем изучаемого пространства — на 27 порядков!

До середины столетия галактики были, в нашем понимании, нормальными членами Метагалактики. Было известно, что они состоят из звезд, а пространство между звездами, как и в нашей Галактике, заполнено разреженным газом и пылью. Форму галактики имели довольно разнообразную, но в основном они принадлежали к эллиптическим, спиральным и неправильным, а излучение галактик вполне соответствовало их звездному составу. Однако в 50-е годы «респектабельность» многих галактик подверглась сомнению. В роли «возмутителя спокойствия» опять оказалась радиоастрономия.

Радиоастрономия ведет начало от вдумчивого анализа наблюдений за распространением радиоволн в земной атмосфере. В 1932 г. инженер К. Янский заметил усиление шумов, когда через область неба, в которую была направлена его антенна, проходил Млечный Путь. Так обнаружили тепловое радиои излучение нашей Галактики, а затем стали наблюдать радиои излучение Солнца и дискретных радиои источников.

Одни из этих радиои источников совпали с известными галактиками — туманностью Андромеды или галактикой М 87 в созвездии Девы, другие же, в частности второй по мощности космический радиои источник Лебедь А, оказались чрезвычайно слабыми в оптическом диапазоне галактиками. Отсюда получалось, что эти объекты (их называли радиогалактиками) излучают в радиодиапазоне несравненно больше, чем в оптическом. Так как нагретые тела — звезды и туманности — должны быть неизмеримо мощнее в оптическом, а не в радиодиапазоне, то пришлось признать радиогалактики нетепловыми источниками радиои излучения. Для них характерно, что с ростом частоты излучение не увеличивается, как у тепловых источников, а уменьшается. Нетепловыми источниками оказались и

Дева А (М 87), и Персей А (NGC 1275). Все они не подпадают под разряд нормальных галактик одного из трех типов, указанных выше.

Лебедь А в оптическом диапазоне представляется двойной галактикой 17-й звездной величины. Если учесть, что свет ее ослаблен поглощением в нашей Галактике, то Лебедь А должна быть ярче, примерно 15-й величины. Казалось бы, Лебедь А — ничем не примечательная маленькая туманность. Но расстояние до нее равно 170 Мпс, и если учесть это огромное расстояние, Лебедь А оказывается и в оптическом диапазоне очень яркой системой, подобной Галактике или туманности Андромеды. Между тем эта двойная галактика не привлекла бы к себе внимания, не будь она мощным излучателем в радиодиапазоне.

Сейчас радиоастрономическим измерениям доступны объекты, поток которых в 10 000 раз слабее, чем у Лебеда А. Следовательно, Лебедь А на расстоянии в 100 раз большем, чем он в действительности находится, все еще был бы доступен радионаблюдениям, но в оптическом диапазоне он выглядел бы, как объект 25-й звездной величины, т. е. был практически недоступен для самых мощных телескопов. Радиоастрономия по своей способности проникать в глубины пространства превзошла классическую астрономию, поэтому именно от нее мы и можем ожидать в скором времени правильного ответа на вопросы о структуре и динамике Вселенной как целого.

Но вернемся к нетепловому излучению радиогалактик. У Лебеда А мощность излучения равна 10^{34} кет, или 10^{44} эрг/сек. Нужно 25 млрд. солнц, чтобы дать такое же по мощности тепловое излучение. Оптическое излучение Лебеда А (2×10^{33} кет) соответствует излучению всего 5 млрд. звезд солнечного типа. Какой механизм способен давать так много энергии? Современная физика указывает лишь на один процесс — синхротронное излучение релятивистских электронов, которые тормозятся в магнитном поле и «высвечиваются» по мере уменьшения их скорости. Чтобы излучение было столь мощным, нужны большие магнитные поля и источник энергии, разгоняющий электроны до релятивистских скоростей. Такого источника мы пока не знаем. Найти его — очередная задача астрономии.

Необходимо ответить и еще на один вопрос: выделяется ли поток релятивистских электронов непрерывно из какого-либо места радиогалактики или же мгновенно, как при взрыве? В последнем случае синхротронное излучение галактики должно постепенно затухать, и само существование ее в стадии радиогалактики было бы очень кратковременным — порядка несколь-

ких миллионов лет. Разумеется, взрывы могут повторяться. Среди близких к нам галактик остатки взрывов, случившихся в сравнительно недалеком (астрономически) прошлом, наблюдаются у М 82, М 87, NGC 5128. Как правило, многие радиисточники с нетепловым излучением состоят из двух компонентов. Можно думать, что во время взрыва галактики произошли направленные выбросы. Часть материи пошла в одном, а другая — в противоположном направлении.

Среди нестационарных галактик наиболее известность за последнее десятилетие приобрели квазары. Так были названы внегалактические объекты, хотя и протяженные, но с очень малыми угловыми размерами, почти неотличимые на фотографиях от звезд. Квазары отличаются по избыточному ультрафиолетовому излучению, необычному для слабых звезд.

Известно около тысячи квазизвездных объектов, двести из них (квазары) обладают значительным радиолучением, которое у некоторых объектов переменнo. Переменно их излучение и в оптическом диапазоне. Самое примечательное у квазаров — это не имеющая себе равных колоссальная мощность излучения, до 10^{47} эрг/сек, или 10^{37} кет. Сосредоточено оно главным образом в видимой и инфракрасной областях, но и в радиодиапазоне уровень излучения квазаров соответствует мощным радиогалактикам (10^{33} кет).

Квазары — очень удаленные объекты. В их спектрах есть яркие линии, хорошо известные спектроскопистам, но всегда смещенные в красную сторону столь сильно, что в ряде случаев сам этот факт вызывал к себе недоверие. Так, у квазара PKS 0237-23 водородная линия L_{α} с длиной волны 1216 А из далекой ультрафиолетовой области переместилась в ближнюю ультрафиолетовую область и ее длина стала 3900 А. Отсюда величина красного смещения равна 2,2. А у квазара 4C 05.34 она составляет 2,88. Именно этот объект находится на расстоянии 8,5 млрд. световых лет. Если столь удаленный квазар заметен на фотографиях, значит мощность его излучения колоссальна и не идет ни в какое сравнение с мощностью излучения даже гигантских галактик.

А механизм этого излучения остается неизвестным. Отсюда рождается недоверие к истолкованию квазаров и в первую очередь к оценкам расстояний, полученным по красному смещению. Чтобы доверять этим расстояниям, нужно быть уверенным, что красное смещение в спектрах квазаров подчиняется закону Хаббла, т. е. имеет космологическое происхождение, а не связано, например, с реальным удалением сравнительно близких к нам объектов, разлетевшихся



В начале XX века астрономы получали спектры внегалактических туманностей, удаленных на миллионы световых лет; сейчас они фотографируют спектры объектов, которые находятся на расстоянии в миллиарды световых лет. Перед вами — спектр далекого квазара PKS 0237-23 (незатемненные, линии излучения темные). В спектре квазара широкая линия излучения водорода L_{α} видна близ 3900 Å. Из-за громадного красного смещения эта линия с длиной волны 1216 Å, обычно наблюдаемая в далекой ультрафиолетовой области, попала в ближнюю ультрафиолетовую. Длинные линии, пересекающие спектр квазара, имеют земное происхождение

при взрыве. Общая теория относительности знает и другой источник красного смещения: если атомы излучают в очень сильном гравитационном поле, красное смещение тогда, конечно, не зависит от расстояния до наблюдателя и не может служить его мерой.

Все объяснения красного смещения у квазаров не свободны от серьезных возражений. Вот одно из возражений против космологического толкования.

Современная радиоастрономия, применяя интерферометрию на сверхдлинных базах, добилась необычайных успехов в измерении диаметров радиосточников. Два радиотелескопа, размещенные на разных материках или в пределах одного материка на расстоянии в несколько тысяч километров, одновременно ведут наблюдения одного и того же радиосточника, записывая сигнал и показания атомных часов на магнитную ленту. Затем сигналы сравниваются и их точная одновременность устанавливается с помощью часов до миллиардных долей секунды. Из таких сравнений получают угловые диаметры наблюдаемых радиообъектов. У квазаров они не превышают сотых долей секунды дуги. Если угловые размеры перевести, используя космологические расстояния, в линейные, то поперечники квазаров будут равны нескольким десяткам или даже сотням парсек. Это расстояние свет проходит за сотню лет или больше. Между тем у квазаров наблюдаются изменения блеска или радиопотока на протяжении немногих недель и даже лет. За такое время свет может пройти лишь долю парсека. Это — очень

серьезное противоречие, настолько серьезное, что некоторые астрономы относятся с недоверием к самому факту изменения блеска квазаров. Впрочем, медленные изменения блеска у некоторых квазаров стоят вне подозрений.

Признание квазаров отдаленными галактиками находило подтверждение в том, что среди более близких, и потому достоверных, галактик встречаются объекты, аналогичные квазарам. Это — сейфертовские и N-галактики. Они имеют очень малое ядро и обширную оболочку, которая, однако, столь слаба, что может остаться незамеченной на очень большом удалении. Но малые ядра (поперечник 0,5 — 2 пс) сейфертовских галактик являются ареной бурных процессов разброса горячей газовой материи. Скорость выброса достигает 4000 км/сек. За год из ядер галактик выбрасывается до 1000 солнечных масс. В данном случае мы имеем дело со спокойным процессом жизнедеятельности ядра не совсем обычной галактики при умеренном радиовлучении.

Но признаки жизнедеятельности ядра есть и у нашей Галактики. Не так давно радиоастрономы обнаружили газовые массы (водорода), истекающие из ядра Галактики со скоростью до 200 км/сек. На расстоянии 3 кпс от ядра скорость снижается до 50 км/сек, а еще дальше, в окрестностях Солнца, до 7 км/сек. За год ядро Галактики теряет около 1,5 солнечных масс. Величина небольшая, но если этот процесс стационарный, то за время существования Галактики (7 — 10 млрд. лет) потеря массы достигает 10 млрд. солнечных, а это уже значительная

доля общей массы Галактики. Скорее, наблюдаемая потеря массы — остаточный процесс некогда кратковременного и бурного выброса, в котором главная роль, как в сейфертовских, радиогалактиках и квазарах, принадлежит ядру.

Малочисленность квазаров говорит о кратковременности их пребывания в этом состоянии — не больше 100 млн. лет. Если эта оценка верна, то общий запас энергии квазара должен быть порядка $10^{62} - 10^{63}$ эрг. Такой выход энергии в результате ядерных процессов может дать лишь масса, не меньшая $10^{10} - 10^{11}$ солнечной, т. е. масса большой галактики. Но если все будет израсходовано в стадии квазара, что тогда останется для последующего спокойного существования галактики в течение миллиардов лет?

Если же квазары действительно редки, а существуют долго, то запасы энергии в них еще больше, и тем настойчивее нужно искать источник энергии, отличный от ядерного. Им может быть гравитационная энергия, т. е. превращение потенциальной энергии при безудержном коллапсе большой массы. Коллапс может сопровождаться выбросом отдельных крупных масс, если первоначальная масса вращалась или находилась в бурном турбулентном состоянии.

Однако этот процесс еще очень плохо изучен, и задача астрофизиков-теоретиков — рассмотреть его до конца столетия. Думается, что без каких-либо фундаментальных открытий решение не будет найдено. Без этого не сможет

обойтись и альтернативная гипотеза об активности ядер галактик — гипотеза академика В. А. Амбарцумяна, согласно которой в ядрах галактик вещество из одной формы существования, пока недоступной для нас, преобразуется в другую, которую мы наблюдаем обычно. Быть может, в квазарах этот процесс происходит особенно бурно.

До появления общей теории относительности космология всего лишь указывала на парадоксы при рассмотрении Вселенной как целого. Теория относительности стала объяснять их. Может быть, и эти объяснения неверны. Общая теория относительности возникла из теоретического осмысливания некоторых экспериментов, производимых на Земле, или наблюдений за космическими объектами.

Может случиться, что родится новая теория, которая получит более полное, чем общая теория относительности, подтверждение из наблюдений последующих лет. После того как в 1920 — 1925 гг. галактики были, как будто, до конца поняты, в 60-х годах они задали астрономам так много новых загадок, что мы вправе ожидать в этом направлении астрофизических исследований особенно много принципиально нового, что, может быть, революционизирует наши теперешние представления о Вселенной и царящих в ней физических законах.

(Окончание в следующем номере журнала)



НОВЫЕ ЗВЕЗДЫ И ОБРАЗОВАНИЕ ПЫЛЕВОЙ МАТЕРИИ

13 февраля 1970 г. в созвездии Стрелы была открыта Новая звезда. В видимом диапазоне звезда «вспыхнула» как обычная Новая; после достижения максимума блеска ($+4^m,5$) начался его медленный спад.

Американские астрономы А. Хайланд, Г. Нойгебауэр, С. Гейсель, Д. Клейнман и Ф. Лоу наблюдали эту звезду в инфракрасном диапазоне длин волн (1,5—22 мк). Первые 48 дней после вспышки Новая Стрелы имела небольшой избыток инфракрасного излучения. Оно, как и излучение в видимом диапазоне, постепенно уменьшалось. И вдруг поток инфракрасного излучения на-

чал быстро расти. Через 90 дней после вспышки он достиг максимального значения. В это время звездная величина Новой Стрелы в инфракрасных лучах (20 мк) равнялась -4^m (!). Звезда была одним из ярчайших светил «инфракрасного неба». Затем поток инфракрасного излучения, хотя и стал уменьшаться, но чрезвычайно медленно, а в области длинных волн (15—20 мк) продолжал расти и спустя 111 дней после вспышки.

Полная энергия, выделившаяся в «инфракрасной фазе» вспышки звезды, составляет $2 \cdot 10^{45}$ эрг, что в 5 раз превосходит энергию, которая выделилась в видимом диапазоне во

время вспышки. Спектральное распределение инфракрасного излучения соответствует излучению плотного пылевого облака. Оно могло образоваться из сброшенной при взрыве звезды оболочки.

Вначале пыль имела температуру 1300°K . Но облако расширялось и остывало. В максимуме инфракрасного излучения размеры облака не превышали $7,8 \cdot 10^{14}$ см, а температура 900°K .

Общая масса образовавшихся пылевых частиц равна одной миллионной от массы Солнца, что составляет 1% от массы сброшенной оболочки. Если вокруг каждой Новой звезды формируются пылевые облака, то вспышки Новых должны поставлять значительное количество пылевой материи в Галактику.

«Astrophysical Journal (Letters)», 161, 2, 1970.

Автоматические аппараты исследуют Венеру

15 декабря 1970 г. советская автоматическая станция «Венера-7» закончила четырехмесячный полет. Спускаемый аппарат станции совершил посадку на Венеру. Впервые в истории исследования космоса велась прямая передача научной информации с поверхности другой планеты.

ЧТО БЫЛО ИЗВЕСТНО О ВЕНЕРЕ ДО КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ?

По своим размерам, массе, средней плотности Венера наиболее близка к Земле из всех планет солнечной системы*. Это привлекало особенно большой интерес исследователей, пытавшихся найти признаки существования на Венере развитых форм жизни. Действительно, радиус Венеры, недавно уточненный по результатам радиолокационных измерений, всего лишь на 320 км меньше среднего земного, масса составляет около 80% от массы нашей планеты, а средняя плотность почти такая же, как у Земли. Венера получает примерно вдвое больше солнечной энергии, но отражение от постоянно окутывающего ее плотного облачного слоя также вдвое выше. Поэтому приток энергии к Венере и Земле почти одинаков.

Однако сходство двух планет чисто внешнее. За последнее десятилетие выявлены отличия принципиального характера, которые заставили отказаться от упрощенных представлений о том, что Венера и Земля — «близнецы».

Длительное время оживленно обсуждался вопрос о собственном вращении Венеры. Многочисленные визуальные и фотографические наблюдения, а позднее и спектральные исследования в видимой, инфракрасной и ультрафиолетовой областях спектра, давшие много ценной информации о планете, не привели к сколь-

нибудь успешным попыткам проследить видимое движение характерных деталей (пятен, полос) на ее диске. Дело в том, что наблюдаемые особенности, относящиеся к облачному слою, как правило, неустойчивы. На выводы о периодической повторяемости этих особенностей сильно влияет субъективность наблюдателя. Оптические и первые радиолокационные измерения давали значения периода собственного вращения Венеры, различающиеся более чем в сто раз. Лишь к середине 60-х годов удалось установить, что этот период в 243 раза больше длительности земных суток, причем направление вращения обратное, т. е. по часовой стрелке, если смотреть с Северного полюса мира, а не против, как у Земли и других планет. При каждом сближении с Землей Венера повернута к ней почти точно одной и той же стороной, т. е. наблюдается как бы ее резонансное вращение относительно Земли. Были попытки оценить возможность такой синхронизации орбитальным движением Земли за счет действия приливных сил.

Комбинация собственного обратного вращения и годового обращения Венеры вокруг Солнца приводит к тому, что за один венерианский год восход и заход Солнца на планете происходит дважды, и продолжительность венерианских солнечных суток составляет 116,8 земных. Ось собственного вращения Венеры почти перпендикулярна к плоскости ее около-солнечной орбиты — угол наклона свыше 87°. Поэтому, в отличие от Земли, у которой этот

* В. Г. Курт. Современные представления о Венере. «Земля и Вселенная», № 1, 1969 г. (Прим. ред.)

угол около 67° , сезонные изменения на планете практически отсутствуют.

К сожалению, до настоящего времени крайне ограничены сведения о фигуре и топографии Венеры. Исходя из имеющихся данных радиолокационного зондирования, можно ожидать, что отличие фигуры планеты от сферической невелико. Вблизи экваториальной плоскости обнаружены перепады высот на поверхности Венеры до 3 км, однако, разрешающая способность радиолокационной установки позволяла различать на поверхности детали лишь протяженностью в несколько сот километров. Возможно, что неоднородности рельефа поверхности планеты выражены более резко. Во всяком случае, изучение отражательных характеристик Венеры в радиодиапазоне, в частности данные о поляризации отраженных планетой радиоволн, позволяют предполагать существенную переменность физических свойств поверхности Венеры и, видимо, достаточно сложный характер ее топографии.

Поверхность Венеры можно «видеть» лишь в сравнительно узком диапазоне радиоволн (приблизительно от трех до нескольких десятков сантиметров), для которых ее атмосфера достаточно прозрачна. Видимая верхняя граница верхних облаков является как бы порогом для визуальных наблюдений. Вблизи этой границы находится и уровень собственного излучения планеты в инфракрасной области. Регистрируемые на Земле спектральные характеристики излучения — структура полос поглощения, интенсивность и ширина отдельных линий — позволили обнаружить в атмосфере Венеры углекислый и угарный газ, водяной пар, хлористый и фтористый водород, а также оценить температуру (примерно от -30 до -50°C) и давление вблизи облаков (по поляризационным и спектральным измерениям — от 0,05 до 0,2 атм).

Однако измерения при помощи оптических наземных инструментов давали лишь относительные содержания отдельных компонентов и не позволяли более точно определить параметры атмосферы на уровне излучающего слоя.

В конце 50-х годов неожиданно обнаружили высокую радиояркую температуру Венеры. Это температура, характеризующая интенсивность (яркость) излучения планеты в диапазоне радиоволн. Радиояркая температура Венеры оказалась порядка $300-400^\circ\text{C}$, т. е. в несколько раз выше, чем у Земли и Марса. Первым естественным объяснением этого результата было предположение, что до такой же степени разогрета поверхность Венеры, интенсивно излучающая на сантиметровых волнах, которые почти свободно проникают через атмосферу. В этом случае, однако, немедленно

исключались из дальнейшего рассмотрения различные увлекательные и многообещающие гипотезы (существование океанов, пыльная растительность на планете и т. п.), отказаться от них даже чисто психологически не очень просто. В последующие годы были выдвинуты разнообразные гипотезы. Авторы этих гипотез пытались «примирить» полученный результат с представлениями об умеренном климате на Венере — гипотезы о сверхплотной моносфере планеты, о тлеющих электрических разрядах в ее атмосфере, о генерации излучения при движении электронов в магнитном поле и другие. Каждая из них, в принципе, была способна объяснить наблюдаемый характер микроволнового спектра Венеры, хотя при более внимательном рассмотрении встречалась с известными трудностями или требовала довольно искусственных предположений. В результате вопрос об источнике высокой радиояркой температуры и, следовательно, о том, какова температура атмосферы у поверхности Венеры, оставался до конца нерешенным. Еще большая неопределенность была в оценках величины поверхностного давления (от единицы до нескольких сот атмосфер). Ученые не располагали сведениями и о том, каков характер изменения температуры в атмосфере под облаками, какова протяженность атмосферы ниже их видимой границы, другими словами, как глубоко находится поверхность. Ответы на эти и многие другие вопросы могли дать лишь прямые измерения при помощи космических аппаратов.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ ОБ АТМОСФЕРЕ ВЕНЕРЫ

Прямые измерения в атмосфере Венеры были начаты историческим полетом «Венеры-4» в 1967 г. и продолжены в 1969 г. на станциях «Венера-5» и «Венера-6».

Важнейшим результатом этих экспериментов явилось непосредственное определение химического состава бортовыми газоанализаторами. Оказалось, что почти целиком (не менее чем на 93—97%) атмосфера Венеры состоит из углекислого газа, а объемное содержание азота (если он вообще присутствует) не превышает 2—3%. Кислорода в атмосфере Венеры практически нет, а содержание водяного пара вблизи облачного слоя менее 1%.

Станции «Венера-4», «Венера-5» и «Венера-6» начали передавать информацию об атмосфере планеты, когда температура составляла около 25°C , а давление — примерно 0,6 атм. Во время плавного спуска на парашютах было проведено зондирование ночной атмосферы Венеры до уровня, где

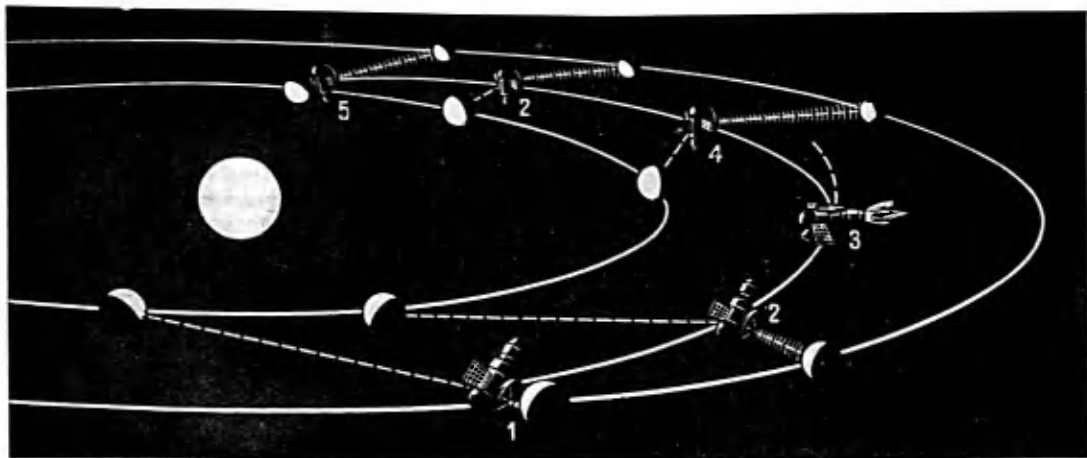


Схема полета «Венеры-7» и проведение сеансов радиосвязи и коррекции: 1 — приземный сеанс, 2 — сеанс связи на малонаправленной антенне, 3 — коррекция траектории, 4 — сеанс на остронаправленной антенне, 5 — планетный сеанс

температура была 325°C и давление 27 атм. Такое увеличение атмосферных параметров произошло в интервале высот около 40 км. Данные радиозондирования атмосферы Венеры при пролете вблизи планеты космического аппарата «Маринер-5» позволили расширить область измерений в сторону больших высот, еще приблизительно на 30 км.

Как показали измерения высоты бортовыми радиовысотомерами, при давлении 27 атм, соответствовавшем предельной прочности спускаемых аппаратов станций «Венера-5 и -6», поверхность еще не была достигнута; оставалось приблизительно 20 км, с неопределенностью $\pm (3 \div 4)$ км. Температура на участке спуска быстро нарастала — около $8,5^{\circ}$ на каждый километр. Такой градиент температуры в углекислой атмосфере соответствует адиабатическому закону, когда происходит перемешивание газа по вертикали (конвекция). Трудно, однако, было ответить на вопрос о том, сохраняется ли адиабатический закон вплоть до поверхности либо в силу определенных причин профиль температуры постепенно становится иным и вблизи поверхности образуется изотермический или даже инверсионный слой. На такую возможность, основываясь на результатах анализа микроволновых спектров Венеры, указывали некоторые авторы.

В зависимости от того, какова структура приповерхностной атмосферы, температура газа

у поверхности могла отличаться почти на 100° : если применим адиабатический закон, у поверхности ожидалось около 500° , а если существует область протяженностью 5—10 км с постоянной температурой, то искомая величина составила бы $400\text{—}450^{\circ}$. Давление оценивалось при этом в 100—110 атм. Топографические особенности планеты могли изменить указанные величины на 20—25 атм.

Уникальные данные, полученные в результате успешного завершения первой серии космических экспериментов в атмосфере Венеры и ближайших окрестностях планеты, обеспечили громадный прогресс в знаниях ее важнейших физико-химических характеристик*. Принципиальное значение имели, прежде всего, значительно более уверенные оценки ожидаемых предельных значений температуры и давления у поверхности, основанные на результатах непосредственных измерений и созданной на их основе модели атмосферы Венеры. Эта модель использовалась при проектировании космического аппарата, предназначенного для посадки на поверхность планеты автоматической станции «Венера-7».

Чтобы провести измерения ниже уровня, достигнутого станциями «Венера-5 и -6», чтобы осуществить посадку на раскаленную поверх-

* М. Я. Маров. Новое о планетах и Луне. «Земля и Вселенная», № 3, 1970 г. (Прим. ред.)

ность планеты требовалось решить сложнейшие научно-технические задачи. Аппарат, способный выполнить такой эксперимент, должен был обладать прочностью батискафа, опускающегося в океан на глубину свыше 1,5 км, и одновременно противостоять воздействию температур, значительно превышающих температуры плавления свинца и цинка. Только тогда можно обеспечить функционирование бортовой аппаратуры и передачу информации на Землю. Поэтому создание автоматической станции «Венера-7», впервые выполнившей измерения на поверхности Венеры, — это, прежде всего, новое большое достижение отечественной космической техники, еще одно свидетельство могущества автоматических устройств, способных проводить исследования в крайне тяжелых условиях, на удалении от Земли в десятки миллионов километров.

«Венера-7» осуществила зондирование атмосферы с высоты 55 км до поверхности и функционировала на поверхности около 23 минут. Непрерывные измерения температуры и величины доплеровского сдвига частоты при спуске аппаратуры вместе с данными предыдущих измерений параметров атмосферы на станциях «Венера» в перекрывающейся области

высот обеспечили получение высотных профилей температуры и давления вплоть до поверхности планеты.

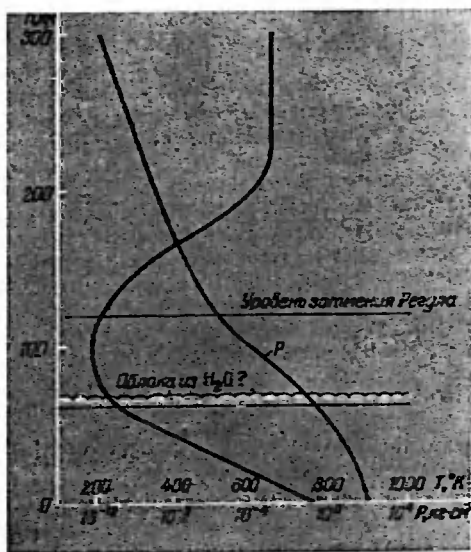
Результаты измерений «Венеры-7» имеют фундаментальное научное значение. Надежно установлено, что Венера обладает чрезвычайно мощной, сильно разогретой атмосферой. В месте посадки станции температура атмосферы составляет $474 \pm 20^\circ \text{C}$ ($747 \pm 20^\circ \text{K}$), давление $90 \pm 15 \text{ атм}$. Плотность газа у поверхности планеты в 60 раз выше плотности нашей земной атмосферы и, следовательно, всего лишь в 17 раз меньше плотности воды.

Атмосфера Венеры вплоть до поверхности сохраняется адиабатической, что подтверждает предположение о конвективном перемешивании газа в ее нижних слоях и, видимо, свидетельствует об отсутствии вблизи поверхности слоя, непрозрачного для солнечной радиации (например, за счет пыли). Высота рельефа в месте посадки станции «Венера-7» в пределах 2 км совпадает со средним уровнем поверхности по измерениям «Венеры-5 и -6» и соответствует радиусу планеты 6052 км (при сопоставлении с данными «Маринера-5»).

НЕКОТОРЫЕ СООБРАЖЕНИЯ О ПРИРОДЕ ВЕНЕРЫ

Основываясь на гипотезе происхождения планет солнечной системы из гигантского протопланетного облака, естественно предположить, что первичный состав их атмосфер около 4,5 млрд. лет назад был примерно одинаков и соответствовал средней распространенности химических элементов на Солнце. В дальнейшем наиболее распространенные элементы — водород и гелий — были удержаны лишь холодными гигантскими планетами, образовавшимися в основном из этих газов на периферии солнечной системы. В состав же твердой железо-силикатной фазы наиболее близких к Солнцу планет земной группы вошли менее распространенные и более тяжелые элементы (в виде металлов, оксидов, сульфидов), а самые легкие — водород, гелий — диссипировали. Процесс диссипации протекает тем интенсивнее, чем меньше масса и температура планеты. На Марсе, например, не удерживается даже атомарный кислород, а в крайне разреженной атмосфере Луны нет газов, масса молекул которых меньше, чем у аргона.

Газовый состав атмосфер планет земной группы формировался в основном за счет вулканических извержений из недр. Водяной пар и углекислый газ составляют большую часть вулканических газов. Этим можно объяснить присутствие этих газов в атмосфере Венеры,



Модель атмосферы Венеры, основанная на результатах измерений космических аппаратов и расчетах структуры верхней атмосферы. Температура атмосферы у поверхности (в месте посадки «Венеры-7») $T = 747 \pm 20^\circ \text{K}$, давление $90 \pm 15 \text{ атм}$

точно так же, как и спектроскопически обнаруженных примесей угарного газа, хлористого и фтористого водорода. По всей вероятности, несколько миллиардов лет назад примерно аналогичный состав имела и атмосфера Земли. Однако решающее воздействие на формирование земной атмосферы, по-видимому, оказали в дальнейшем процессы фотосинтеза и появление в ее атмосфере свободного кислорода (благодаря возникновению биосферы). Это в свою очередь вызвало окисление аммиака, также содержащегося в вулканических газах. Процесс окисления сопровождался выделением в атмосферу больших количеств азота. Углекислый газ, хлористый и фтористый водород и различные сернистые соединения реагировали с биосферой и твердым веществом планеты. При умеренной температуре поверхности и атмосферы Земля сохранила свою воду, основная масса которой сосредоточилась в океанах, а углекислый газ был связан в карбонатах осадочных пород.

Можно думать, что близость Венеры к Солнцу предопределила иной характер эволюции ее атмосферы. Возможно, что существующие условия обусловлены постепенным обезживанием планеты. Потеря воды планетой зависит от двух основных факторов: эффективности процессов расщепления (диссоциации) молекул водяного пара (под действием солнечной ультрафиолетовой радиации) и диффузии молекул в области верхней атмосферы. Здесь величина солнечной энергии достаточна, чтобы вызвать процесс диссоциации. Обычно — это высоты около 80—150 км. В земной атмосфере много кислорода, который задерживает солнечную коротковолновую радиацию примерно выше 100 км, не позволяя ей проникнуть в более низкие атмосферные слои. На Венере кислорода почти нет, и ультрафиолетовое излучение может проникать ниже (возможно, такая же ситуация была на Земле около 2—3 млрд. лет назад, до появления фотосинтетического кислорода); к тому же температура над облачным слоем несколько выше, чем на Земле. В силу этих причин процессы «подвода» снизу и фотодиссоциации молекул водяного пара должны протекать в атмосфере Венеры значительно интенсивнее. Водород легко диссипирует в межпланетное пространство, а кислород вступает в окислительные реакции с твердой оболочкой и атмосферными газами, способствуя, в частности, сохранению преобладающей концентрации углекислого газа до больших высот в атмосфере Венеры. Косвенным доказательством последнего предположения служат результаты исследования структуры биосферы Венеры космическим аппаратом «Маринер-5».

При повышении температуры, давления и обезживании интенсивно выделяется в атмосферу углекислый газ из карбонатов. Оценки показывают, что при измеренных станцией «Венера-7» значениях температуры и давления у поверхности Венеры в ее атмосферу перешло примерно столько же углекислоты, сколько ее содержится в связанном состоянии на Земле. Из этих соображений можно понять, почему атмосфера Венеры состоит преимущественно из углекислоты, почему давление там очень высоко. Если бы температура на Земле возросла до температуры Венеры, давление в земной атмосфере стало бы еще выше (к давлению около 60—100 атм за счет высвобождения углекислоты добавилось бы вследствие испарения океанов еще примерно 300 атм, что соответствует среднему давлению земной гидросферы).

Теперь, когда значения атмосферных параметров измерены с точностью до единицы процентов, можно более обоснованно и надежно рассчитывать модели теплового режима венерианской атмосферы. Вместе с тем, еще огромное число трудностей стоит перед исследователями этой сложнейшей проблемы.

Физико-химические процессы в атмосфере и на поверхности планеты взаимосвязаны. Ее тепловой режим и динамика непосредственно зависят от химического состава атмосферы. Основываясь на расчетах моделей теплового равновесия, можно предполагать, что для Венеры наиболее эффективны процессы лучисто-конвективного теплообмена в толще атмосферного газа по вертикали и циркуляции в меридиональном и широтном направлениях. Возможно, за счет меридиональной циркуляции происходит выравнивание температур экваториальных и полярных областей, практически не отличающихся друг от друга, как показали недавние результаты радионавигационных измерений. Запас тепла в атмосфере Венеры огромен, он в сотни раз больше количества тепла, которое теряется за венерианскую ночь, поэтому суточные колебания температуры на планете, видимо, не больше 1°.

Почему у поверхности Венеры высокая температура? Легче всего это объяснить действием парникового механизма, который должен проявляться на Венере гораздо эффективнее, чем в атмосфере Земли. Смесь углекислого газа и водяного пара оказывает очень сильное экранирующее действие для уходящей тепловой радиации. Оно значительно возрастает с ростом температуры и давления в атмосфере. Естественно допустить, что измеренные значения этих параметров у поверхности должны отвечать некоторому равновесному тепловому состоянию атмосферы Венеры. Вместе с тем

трудно сказать, «работает» ли парниковый механизм от самой поверхности или же он эффективен только на более высоких уровнях. Чтобы ответить на этот вопрос, надо знать, прозрачна ли атмосфера для солнечного света до поверхности или солнечные лучи задерживаются выше. В последнем случае передача энергии основной массе атмосферы могла бы происходить за счет «глубокой циркуляции» — адиабатического разогрева газа при его опускании в глубину. Не исключено, что могут действовать и другие механизмы, например, определенный вклад может вносить внутреннее тепло планеты.

В природе Венеры многое еще остается неясным и, видимо, лишь прямой эксперимент позволит однозначно решить ряд проблем, стоящих перед исследователями. Среди них — фундаментальные проблемы переноса тепла и динамики атмосферы, состава слагающих пород, происхождения и эволюции планеты.

Очень большой интерес представляет структура и состав венерианских облаков. По нашему мнению, наиболее вероятно, что облака в основном состоят из ледяных кристалликов примерно микронного размера, возможно, непольностью абсорбированных на мельчайших пылевых частицах, играющих роль ядер коагуляции. Однако выдвинуты и другие гипотезы. Недостаточность данных о процессах, протекающих в верхней атмосфере Венеры, о характере ее обтекания плазмой «солнечного ветра».

казали измерения «Венеры-4» и «Маринера-5», собственное магнитное поле у Венеры практически отсутствует (менее $1/3000$ земного) и взаимодействия планеты с окружающей космической средой происходит совершенно иначе, чем на границе магнитосферы Земли. Однако до конца этот механизм не понят. Не существует убедительных объяснений причины аномального вращения Венеры вокруг своей оси и циркуляции верхнего слоя венерианских облаков (с периодом около четырех земных суток в обратном направлении).

Можно пока лишь строить догадки, что представляет собой поверхность Венеры. Вероятнее всего, это — раскаленная, тускло освещенная безжизненная пустыня. Видимо, рельеф, хотя и сглаженный, но достаточно сложный. Высокая температура исключает существование у поверхности жизни земного типа. Нельзя вместе с тем исключить, что в облаках, где условия, по существу, соответствуют земным, могут обитать простейшие живые формы.

Конечно, чтобы ответить на эти и многие другие вопросы, потребуются годы напряженного труда, интенсивные наземные наблюдения, разнообразные измерения в атмосфере и на поверхности планеты с помощью космических аппаратов. Новый успешный полет автоматической станции «Венера-7» — весомый вклад советской науки в расширение наших знаний о Венере.



РГУТ В ОБЛАКАХ ВЕНЕРЫ?

Природа облачного слоя, скрывающего от наших глаз поверхность ближайшей соседки Земли, до сих пор остается загадкой. Американский ученый С. Расул попытался определить структуру и состав облачного слоя Венеры, используя данные наблюдений радиозатмения космического аппарата «Маринер-5».

Расул рассчитал, как происходит ослабление сигнала в атмосфере, состоящей из чистого углекислого газа. Расчеты он сравнил с наблюдениями, и оказалось, что на высотах меньше 52 км над поверхностью планеты наблюдаемое ослабление сигнала значительно превышает рассчитанное. Значит, в атмосфере Венеры есть дополни-

тельный поглощающий агент. Если это вода, то ее количество должно достигать 3500 г/см^2 , что на порядок превосходит данные наземных наблюдений и прямых измерений с автоматической станции «Венера-4». Как считает Расул, наблюдаемое ослабление сигнала можно объяснить, предположив, что в атмосфере Венеры присутствуют соединения ргута с галогенами. Из них и состоит облачный слой планеты.

«Radio Sciences», 5, 2, 1970.

Л. А. ВЕДЕШИН
Н. И. ФАТКИН
А. М. ПЕТРЯХИН

«Вертикаль-1»

28 ноября 1970 г. в соответствии с программой научного сотрудничества социалистических стран по исследованию космоса геофизическая ракета «Вертикаль-1» достигла высоты 487 км и выполнила ряд важных экспериментов.

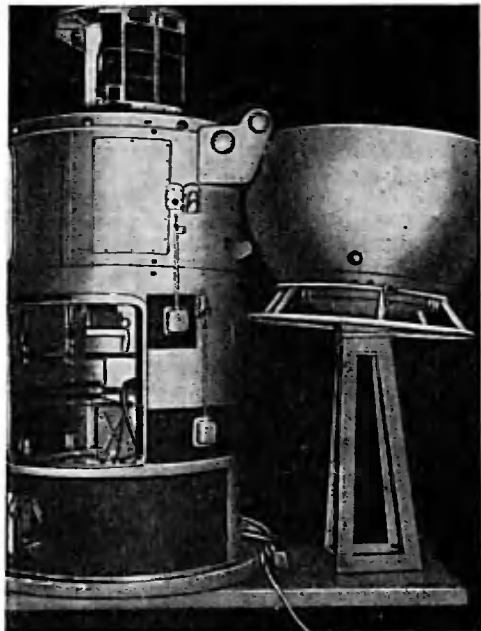
Ученые социалистических стран уже проводили совместные эксперименты на искусственных спутниках Земли «Интеркосмос-1, -2, -3, -4» и координированные с ними наземные оптические, радиоастрономические и поносферные наблюдения. В научную программу исследования космического пространства включены и ракетные эксперименты. В Советском Союзе созданы одноступенчатые геофизические ракеты, способные поднимать большие полезные нагрузки на высоту нескольких сот километров. Одна из них — «Вертикаль-1».

УСТРОЙСТВО РАКЕТЫ

«Вертикаль-1» — это модификация исследовательской ракеты, которая уже использовалась в СССР для астрофизических, геофизических и медико-биологических экспериментов*. Длина ракеты «Вертикаль-1» 23 м, диаметр корпуса 1,66 м. В головной блок ракеты входит спасаемый сферический контейнер и приборный цилиндрический отсек. Общий вес поднятой на ракете научной аппаратуры, радиотелеметрических устройств, источников питания и вспомогательных систем вместе с конструкцией спасаемого и приборного контейнеров составляет 1300 кг.

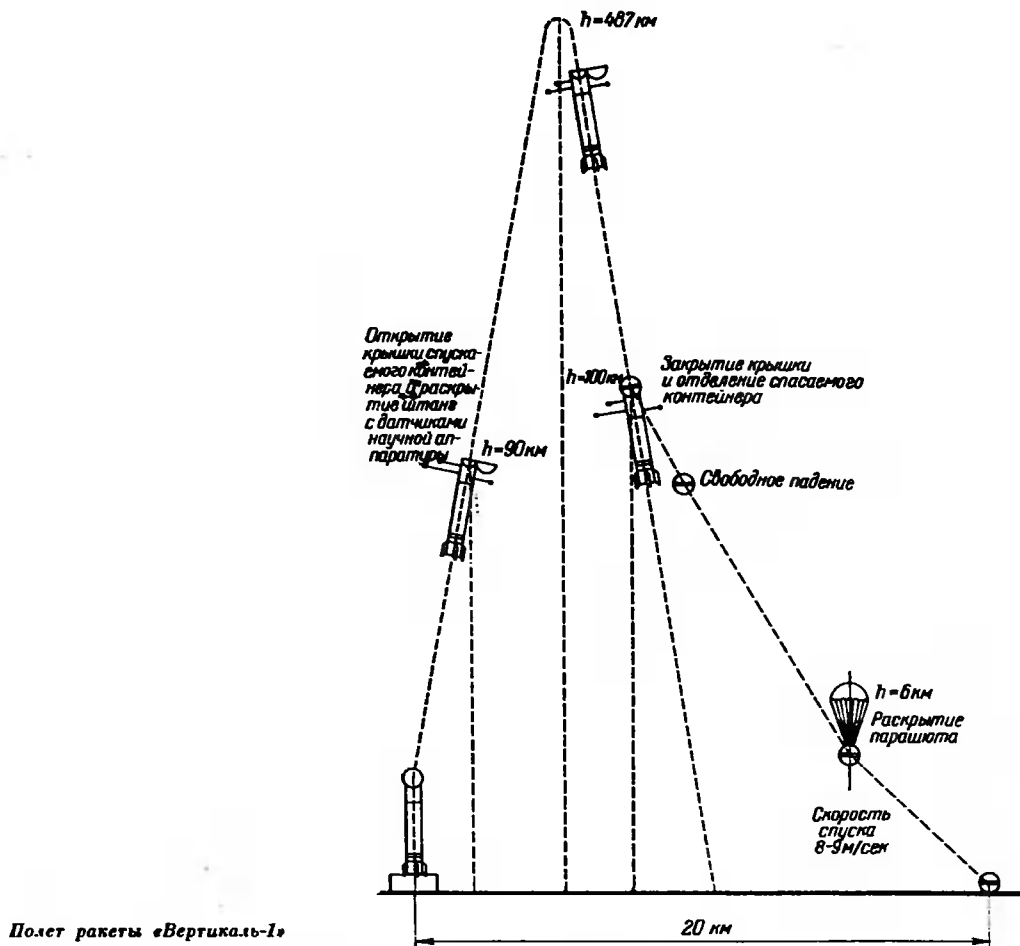
Научная аппаратура, установленная в спасаемом контейнере, защищена специальной крышкой, которая автоматически открывается на высоте около 90 км. Так создавались необходимые условия для прямого исследования Солнца и микрометеорных частиц. Приборы

монтажированы на поворотной платформе, положение которой зависит от азимута Солнца в момент пуска ракеты. Аппаратура для исследования имеет собственную следящую систему.



Головной блок со спасаемым контейнером (крышка открыта) и приборным отсеком. Видны штанги с датчиками приборов

* Е. Г. Швидковский. Ракетная техника и развитие физики верхней атмосферы. «Земля и Вселенная», № 2, 1969 г. (Прим. ред.)



В процессе работы система поворачивается вокруг горизонтальной и вертикальной осей электродвигателями по сигналам специальных оптических датчиков.

Научная и служебная аппаратура, размещенная в приборном отсеке ракеты, не требует спасения. Ее датчики крепятся на наружных штангах длиной около 500 мм.

«ВЕРТИКАЛЬ-1» В ПОЛЕТЕ

Траектория полета ракеты близка к вертикальной. После прохождения активного участка (на котором работает двигательная установка)

включается система стабилизации. Так обеспечивается строгая ориентация ракеты в полете. Одновременно сбрасываются обтекатели, защищающие штанги научной аппаратуры от аэродинамического нагрева на начальном участке траектории. Затем штанги занимают рабочее положение, открывается верхняя полусфера спасемого контейнера — аппаратура готова к работе. Проходит 10 минут, и спасаемый контейнер закрывается. На высоте 100 км контейнер (после отделения от ракеты) движется по баллистической траектории, затем тормозится в атмосфере и опускается на специальной парашютной системе.

Научная информация с борта ракеты пере-

дается телеметрической системой на приемные наземные станции.

Исследования на искусственных спутниках Земли и геофизических ракетах взаимно дополняют друг друга. Сочетание научных данных, полученных ракетой «Вертикаль-1», спутниками «Интеркосмос-1, -2, -3, -4» и различными косвенными методами (поверхностное зондирование, оптические и радиоастрономические наблюдения и т. д.) позволит получить более полное представление о разнообразных процессах, происходящих в верхних слоях атмосферы.

«ВЕРТИКАЛЬ-1» — КОМПЛЕКСНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Научная программа геофизической ракеты «Вертикаль-1» предусматривала исследование ультрафиолетового, рентгеновского и субмиллиметрового излучений Солнца и поглощения этих излучений в атмосфере Земли, распределения концентраций электронов и положительных ионов по высоте, температуры электронов, а также исследование физических и химических свойств метеорных частиц.

Солнечный эксперимент. На геофизической ракете «Вертикаль-1» было продолжено исследование ультрафиолетового и рентгеновского излучений по программе сотрудничества социалистических стран. Эти исследования были начаты на спутниках «Интеркосмос-1 и -4». Тогда выполнялись непрерывные и длительные работы, необходимые для изучения рентгеновских вспышек. Ракетный эксперимент позволил исследовать солнечное излучение в конкретный момент времени.

Советские ученые получили новые сведения о строении и составе солнечной короны. В частности, сейчас можно более точно определить физические условия в тех областях короны, где генерируется рентгеновское излучение, и уяснить основы атомных процессов в короне. Анализ коротковолновых спектров и фотографий, полученных одновременно в широком спектральном интервале, даст ответ на вопрос, в какой степени химический состав короны отличается от химического состава хромосферы и фотосферы.

Ученые ГДР измеряли интенсивность солнечного излучения в линии водорода L_{α} (1216.6 Å) и его поглощение в атмосфере Земли при различной солнечной активности. Это излучение поглощается верхней атмосферой и воздействует на протекающие там физические процессы. Во время подъема ракеты можно измерить степень поглощения солнечного из-

лучения атмосферой на различных высотах. Тогда нетрудно определить, в какой области высот поглощается солнечное излучение.

Польские ученые фотографировали солнечную корону в нескольких спектральных диапазонах мягкой рентгеновской области спектра (8—60 Å) и получили спектрогелиограммы Солнца в отдельных линиях в далеком ультрафиолетовом диапазоне длин волн (250—400 Å). Ультрафиолетовые снимки Солнца расскажут о температуре, составе и распределении элементов во внешних слоях солнечной атмосферы. Гелиофизики Польской Народной Республики намереваются произвести корреляцию своих выводов с результатами наземных наблюдений, а также с данными «Интеркосмоса-4» (эксперимент проводился одновременно с запуском ракеты).

Для гелиофизических исследований на «Вертикаль-1» установили серию приборов. В Физическом институте имени П. Н. Лебедева



Сферическая ионная ловушка

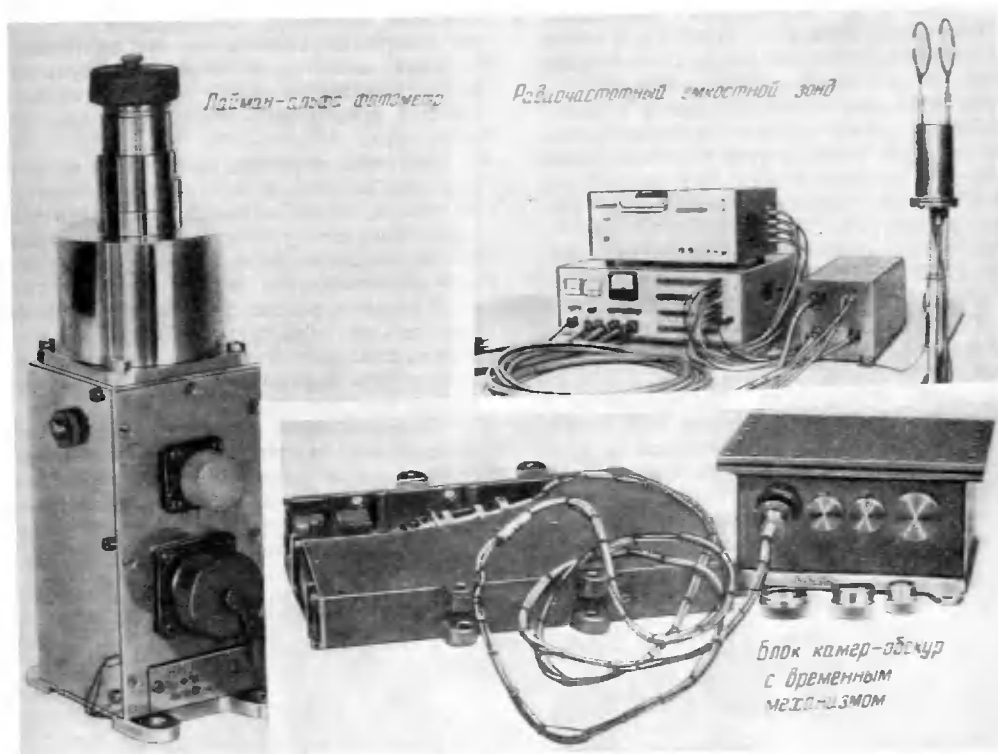
АН СССР создали спектрометры (5—20 Å). В Центральном институте солнечно-земной физики АН ГДР разработали L_{α} фотометр, а в Астрономическом институте Вроцлавского университета (ИНР) построили блок рентгеновских камер-обскур и рентгеновские спектрогеллографы.

Метеорный эксперимент. Микрометеорные частицы (размером от 0,2 м и выше) движутся по собственным орбитам вокруг Солнца. При встрече с Землей входят в ее атмосферу со скоростью от нескольких километров до нескольких десятков километров в секунду, тормозятся в атмосфере и на высоте около 120 км полностью теряют свою скорость, после чего медленно осаждаются на поверхность Земли. Метеорные частицы сильно влияют на оптические свойства верхней атмосферы Земли. Именно поэтому надо изучать их пространственную плотность, ее суточные и сезонные из-

менения, химический состав частиц и их распределение по размерам или массам. Подобные исследования представляют большой интерес как для геофизики, так и для чисто практических задач.

Изучение пространственной плотности метеорного вещества и его химического состава выполнялось аппаратурой, состоящей из полированных пластинок и столбиков органических пленок толщиной в несколько десятых микрона. Эти приборы создавались совместными усилиями коллективов Института геохимии и аналитической химии АН СССР, Центрального института физических исследований АН ВНР и Астрономического института ЧСАН.

Ионосферный эксперимент. При одновременном измерении многочисленных параметров ионосферы радиофизическими и зондовыми методами выявлялась тонкая структура ионосферы. Советские и болгарские ученые установ-



Приборы, установленные на ракете «Вертикаль-1»



Спасаемый контейнер с научной аппаратурой после приземления

ливали концентрацию положительных ионов вдоль траектории полета ракеты. Этот опыт продолжил ионосферные исследования, проведенные третьим советским искусственным спутником Земли (1958 г.), спутниками «Космос-2» (1962 г.), «Интеркосмос-2» (1969 г.), а также измерения межпланетной плазмы советскими геофизическими и космическими ракетами.

Серия приборов, предназначенных в основном для измерения потоков фотоэлектронов, для регистрации температуры и концентрации электронов в различных областях ионосферы, для обнаружения положительных ионов, разработана в Советском Союзе.

Сотрудники Центрального института солнечно-земной физики АН ГДР сконструировали и построили радиочастотный емкостный зонд (РЕЗ), который непрерывно определял концентрацию электронов и передавал результаты на Землю.

Наземный эксперимент. Одновременно с прямыми измерениями основных параметров ионосферы приборами геофизической ракеты «Вертикаль-1» выполнялись наземные фазометрические и ионосферные наблюдения в районе запуска. Работу проводили специалисты СССР и ГДР. Ученые ГДР измеряли поглоще-

ние радиоволн вблизи места старта «Вертикаль-1». В течение нескольких дней до и после старта ракеты работала ионосферная станция, которая в патрульном режиме зондировала нижнюю ионосферу. Отраженные от ионосферы импульсы регистрировались на Земле. Измерение амплитуд отраженных импульсов позволяет определить один из важных параметров верхней атмосферы — поглощение радиоволн в ионосфере.

Связывая сведения, полученные на Земле, с данными измерений электронной концентрации на ракете, можно надежно определить частоту соударений между электронами и нейтральными частицами верхней атмосферы. А эта ионная характеристика важна для расчета распространения радиоволн (обычными методами измерить ее очень трудно). В целом, наземный эксперимент позволит более правильно интерпретировать научные итоги полета «Вертикаль-1».

Сотрудничество социалистических стран в космических исследованиях предусматривает использование различных автоматических устройств. Аппаратура, разрабатываемая в братских странах, найдет широкое применение в дальнейших исследованиях космоса.

В. В. ГРОМОВ
А. К. ЛЕОНОВИЧ
 кандидат технических наук
В. В. ШВАРЁВ
 кандидат технических наук

«Луноход-1» на Земле и на Луне

Авторы рассказывают о наземных испытаниях «Лунохода-1» и работе передвижной лаборатории на поверхности Луны.

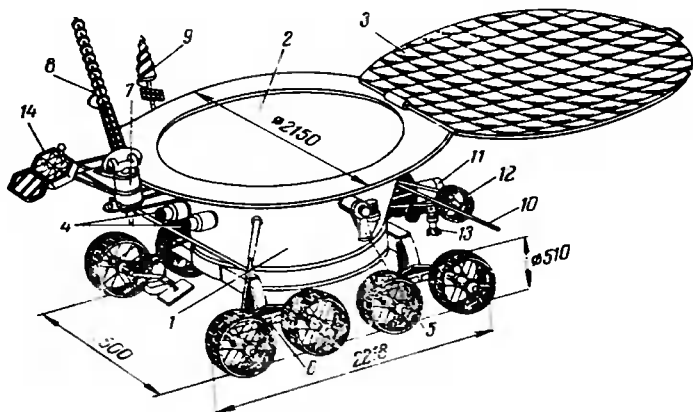
ОПЫТЫ С ГРУНТАМИ-АНАЛОГАМИ

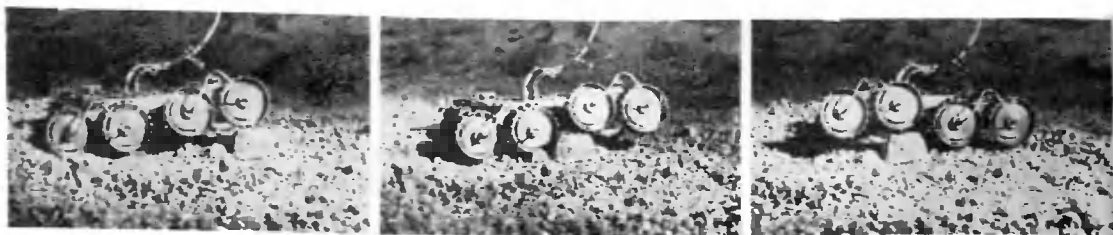
«Луноходу-1» предстояло работать в необычных условиях. Он должен передвигаться по лунному грунту, преодолевать многочисленные кратеры и крутые подъемы, совершать сложные маневры при объезде непреодолимых препятствий, испытывать резкие колебания температуры, воздействия космического излучения, не ослабленного атмосферой, сверхвысокий вакуум. Все это должны были учесть создатели лунохода. Предстояло рассчитать несущую способность лунной поверхности, определить, выдержит ли она нагрузку лунохода, выяснить, окажется ли достаточным сцепление лунохода с грунтом, не будет ли опасным налипание мелких частиц на ходовую часть лунохода.

Первые прямые измерения механических свойств лунного грунта, проведенные советскими и американскими космическими аппаратами, показали, что поверхность Луны покрыта слоем слабосвязного разнотельного материала серовато-коричневого цвета. Был определен его объемный вес (в пределах верхнего слоя — около $1-1,5 \text{ г/см}^3$). На этом слое лежит тонкий покров пыли. Разнотельный материал относительно мало прочен. Толщина его различна: от нескольких сантиметров до нескольких метров. Верхний слой покрывается на твердых горных породах или на их крупных обломках.

Полученные данные служили исходным материалом при конструировании ходовой части лунохода, использовались для расчета его тяговых характеристик, а также для подбора грунтов-аналогов, механические свойства которых были бы подобны свойствам лунных грунтов.

Устройство «Лунохода-1»: 1 — вертегичный приборный отсек; 2 — радиатор-охладитель; 3 — солнечная батарея; 4 — иллюминаторы для телевизионных камер; 5 — фототелекамеры; 6 — блок колес шасси; 7 — привод остроуправленной антенны; 8 — остроуправленная антенна; 9 — малонаправленная антенна; 10 — штыревая антенна; 11 — изотопный источник тепловой энергии; 12 — девятое колесо; 13 — прибор для определения физико-механических свойств грунта (ПРОП); 14 — оптический уголковый отражатель





Для решения многих задач космической техники грунты-аналоги имеют большое значение и привлекают к себе пристальное внимание ученых.

Ближайшими земными аналогами верхнего слоя лунного грунта по механическим свойствам, гранулометрическому составу и минералогии оказались земные вулканические породы, которые возникли при недавних извержениях и не подверглись сильным изменениям. Лабораторные работы показали, что большинство вулканических грунтов обладает почти вдвое меньшим объемным весом и почти вдвое более высоким коэффициентом пористости по сравнению с речными песками. Вулканические грунты в рыхлом состоянии отличаются необычайно высокой сжимаемостью и способностью к деформациям. Их поверхность оседает только непосредственно под нагрузкой, а прилегающие участки не прогибаются и не выпучиваются. Механические свойства вулканических пород зависят от того, насколько они уплотнены. Похожие свойства, как нам теперь известно, имеют и лунные грунты.

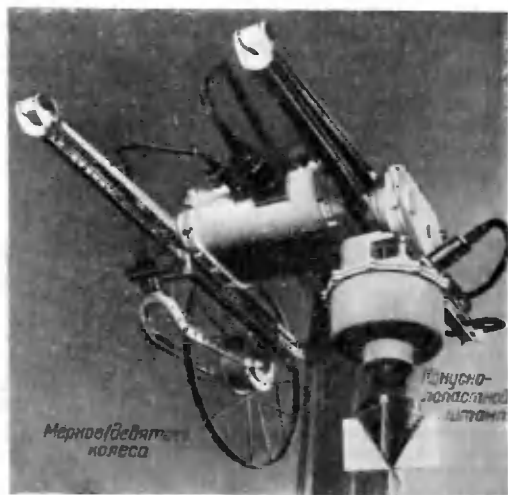
Образцы земных аналогов лунных грунтов исследовались в высоком вакууме и в условиях пониженной силы тяжести. Чтобы изучить взаимодействие лунохода с грунтом в этих условиях, были созданы специальные установки. На одной из них модель колеса и грунт-аналог помещали в свободно падающей системе. Осциллограф фиксировал характеристики движения колес. Другая установка позволяла испытывать движение колеса по грунту в летающей лаборатории — самолете. Здесь в течение нескольких десятков секунд удавалось выдержать заданное лунное ускорение. Опыты показали, что изменение ускорения силы тяжести существенно воздействует на физико-механические характеристики несвязных сыпучих грунтов.

В качестве грунтов-аналогов применялись и некоторые искусственные материалы: пемзы и шлаки моделировали пеностеклом и газобетоном; вулканические туфы — пенобетоном; плотные изверженные породы — тяжелым бетоном.

ЛУНОХОД УЧИТСЯ ХОДИТЬ

Ходовые испытания — очень сложная задача. Надо было имитировать грунт, лунную гравитацию, но сохранить массу движущейся системы. Только тогда можно было оценить тягово-сцепные свойства грунта.

Была создана система, позволявшая испытывать макет лунохода в условиях, когда масса его оставалась неизменной, а вес уменьшен до



Прибор ПРОП. Для определения физико-механических свойств грунта сначала опускается девятая (мерное) колесо, определяется уровень грунта и глубина колеи. Затем в грунт внедряется конусно-лопастной штамп. Следующая операция — поворот штампа в грунте и, наконец, подъем штампа в исходное положение



*Испытания модели
ходовой части «Лунохода-1»*

лунного, но свободное передвижение по трассе сохранялось.

Во время ходовых испытаний на макете лунохода устанавливали систему датчиков и аппаратуру для регистрации разнообразных характеристик его движения и взаимодействия с грунтом. Определялись крутящие моменты колес, скорости их вращения, распределение нагрузок между ними, температуры внутри работающих узлов, тяговые усилия. Макет лунохода был снабжен специальным прибором (ПРОП — прибор для определения проходимости).

Под рабочей частью прибора моделировался процесс взаимодействия колеса с грунтом в условиях, когда одновременно действуют и вертикальная нагрузка и сдвигающие усилия колес. Это достигалось погружением конусообразного штампа и поворотом его в грунте. В результате опыта получен комплекс характеристик грунта, показывающий его сопротивление сжатию и сдвигу.

Для счисления пройденного пути и определения степени буксования предназначено мерное (девятое) колесо. В процессе ходовых испытаний на грунтах-аналогах удалось оценить подвижность лунохода и получить «ключ» для расшифровки сигналов, которые будет посылать самодвижущаяся автоматическая лаборатория с поверхности Луны.



ПЕРЕД ШЕСТОЙ ЛУННОЙ НОЧЬЮ

Советский автоматический аппарат «Луноход-1», доставленный на Луну 17 ноября 1970 г., запланированную программу трехмесячной работы на лунной поверхности выпол-

нил полностью. Решены важные научно-технические задачи по изучению космического рентгеновского излучения и радиационной обстановки, исследованию химического

ЛУНОХОД ИССЛЕДУЕТ ГРУНТ

Прямое определение механических характеристик лунного грунта выполняет ПРОП. Этот прибор проводит многократные измерения механических свойств грунта на трассе движения лунохода. Можно непрерывно измерять и параметры взаимодействия колес с грунтом. Специальные датчики регистрируют крутящие моменты на колесах, скорости вращения, угол наклона поверхности.

Анализ изображения следов лунохода на фотопанорамах позволяет оценить прочность и структуру грунта.

Уже сейчас мы располагаем многочисленными данными о лунном грунте по трассе передвижения лунохода. Они, в основном, подтверждают правильность принятых ранее рабочих моделей лунного грунта, которые построены после первых прямых измерений, а также после изучения грунтов-аналогов. Оказалось, что по всей трассе движения грунт имеет мелкозернистую структуру. Размер преобладающей части зерен значительно меньше разрешающей способности телефотометра, т. е. меньше 0,5 мм. Грунт под колесами несколько уплотняется и выпирает по краям колес. Образуется довольно четкий след с ровной поверхностью. Характерно образование сколов, трещин и комков.

Тягово-сцепные устройства свидетельствуют, что при малых удельных нагрузках на поверхность грунт, в основном, достаточно прочный для уверенного движения. Правда, на некоторых участках глубина колес меняется от 1 до 5 см. Значит, грунт неоднороден.

До последнего времени свойства грунта были известны лишь для отдельных пунктов Луны, теперь же имеются сведения о грунте на обширной площади, в том числе на разнообразных морфологических образованиях лунной поверхности. Появилась возможность сравнить физико-механические характеристики на больших участках различных районов.

состава и физико-механических характеристик грунта в различных участках обширного района Луны, изучению микро- и макрорельефа лунной поверхности, лазерной локализации Луны и обработке ходовых данных автоматической транспортной системы в сложных условиях длительной работы при движении по пересеченной местности.

Топографическая схема маршрута «Лунохода-1». 1 — место посадки станции «Луна-17»; 2 — трасса движения «Лунохода-1»; 3 — исследования химического состава лунного грунта; 4 — отдельные камни; 5 — россыли камней; 6 — кратеры и лунки; 7 — центральные борки; 8 — направление движения

Успешное выполнение всех работ, предусмотренных программой, включая полет автоматической станции «Луна-17», мягкую посадку на поверхность Луны в расчетном районе Моря Дождей, сход лунохода с посадочной платформы, обеспечение его функционирования и движения по выбранному маршруту, эффективную работу всех научных приборов, подтвердило правильность принятых инженерных решений и высокую эксплуатационную надежность всех элементов конструкции, бортовых систем и наземных средств управления и наблюдения.

При маневрировании и прохождении препятствий успешно отрабатывались методы навигации и управления самоходным аппаратом с Земли с использованием телевизионных и телефотопанорамных изображений поверхности, а также телеметрической информации о положении лунохода.

Многократно по всей трассе движения автоматического аппарата проводилось определение физико-механических свойств и химического состава поверхностного слоя лунного грунта. Эти эксперименты выполнялись различными методами. Исследованиям подвергались характерные участки поверхности, внутренние склоны кратеров и отдельные камни. Выполнено более 200 прямых измерений свойств грунта в естественном залегании. Проведенные исследования позволили получить полную и разнообразную информацию о прочности и химическом составе лунного грунта на всей трассе, пройденной автоматическим аппаратом.

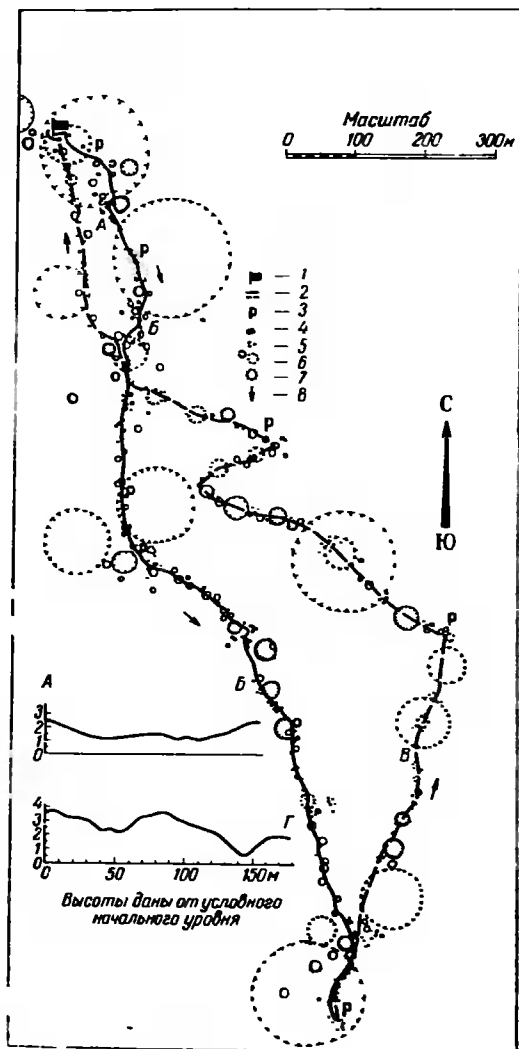
Для топографического изучения местности использовались телевизионные панорамы, а также телеметрические данные о длине пути, измерениях курса, крена и дифферента лунохода во время движения. В процессе съемки получены стереоскопические изображения нескольких кратеров, позволяющие провести изучение их строения. По результатам обработки информации подготовлены карты и описания наиболее интересных в топографическом и геологическом отношении участков местности.

На луноходе проведен опыт по использованию Луны как базы для изучения отдаленных районов Все-

ленной с помощью рентгеновского телескопа. Выполнялись измерения интенсивности и углового распределения космического рентгеновского излучения и отдельных источников. Наблюдения с поверхности Луны позволяют осуществлять длительное накопление сигнала от рентгеновского источника, что невозможно при исследованиях со спутников и межпланетных станций. Это дает возможность наблюдать даже весьма слабые источники излучения. Проведение экспериментов с помощью рентгеновского телескопа, достав-

ленного на Луну, является важным этапом в развитии внеатмосферной астрономии.

В периоды лунных ночей, при стоянии автоматического аппарата, выполнялись сеансы лазерной локация французского уголкового светотражателя, установленного на луноходе. Эти исследования проводились с целью точного измерения расстояния между Землей и Луной. Лазерная локация позволяет также исследовать собственное вращение и либрацию Луны, уточнить координаты отдельных образований на ее



Лазерный отражатель на «Луноходе-1»

Первая самодвижущаяся лаборатория на поверхности Луны дала возможность советским и французским ученым осуществить световую локацию нашего естественного спутника.

Сотрудничество советских и французских ученых в исследовании и использовании космического пространства началось в 1966 г. с соглашения между СССР и Францией, которое определило основные направления предполагаемых экспериментов.

Совместные работы в космосе координируются Советом по Международному сотрудничеству в области исследования и использования космического пространства при Академии наук («Интеркосмос») и Национальным центром космических исследований Франции (КНЕС).

В 1967 г. было решено провести лазерные

исследования Луны. В чем смысл этого эксперимента?

Посылая на Луну световой импульс и фиксируя на Земле время возвращения отраженного сигнала, можно, в принципе, определить расстояние между двумя точками, расположенными на поверхности Земли (излучатель) и Луны (отражатель) с точностью, недоступной в настоящее время никаким другим методам.

Любая естественная поверхность характеризуется своими отражающими свойствами. Однако использование естественной поверхности небесных тел в качестве отражателя связано с

поверхности. В результате выполнения экспериментов по лазерной локации были зарегистрированы четкие отраженные сигналы.

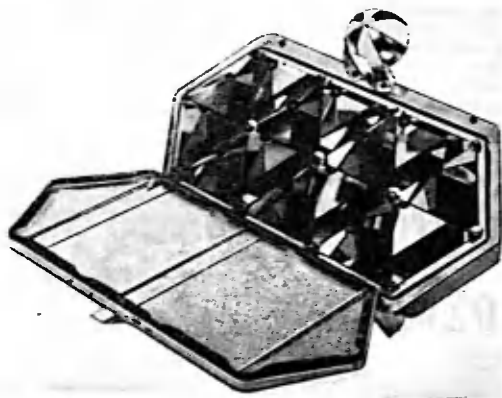
Все системы «Лунохода-1» по истечении трех месяцев работы на Луне нормально функционировали, что дало возможность продолжить программу научно-технических исследований.

20 апреля 1971 г. состоялся заключительный сеанс связи шестого лунного дня советского автоматического аппарата «Луноход-1». В течение пятого и шестого лунного дня

проводились исследования по дополнительной программе. В ходе них удалось собрать обширную научную информацию о строении крупных лунных кратеров и камней, получить новые данные о характеристиках поверхностного слоя лунного грунта, оценить возможности лунохода при изучении лунных образований со сложной топографической ситуацией и отработать методику управления аппаратом, маневрирующим буквально в каменном лабиринте.

Общий путь, пройденный луноходом к концу шестого лунного дня, превосходит 8260 км. Исследован большой участок лунной поверхности. Проводились наблюдения и за радиационной обстановкой в районе Луны. 7 и 10 апреля радиометр лунохода зарегистрировал излучение, порожденное солнечными вспышками, в частности вспышкой, замеченной 6 апреля наземными обсерваториями.

Эксперименты в Море Дождей продолжаются.



Лазерный отражатель, установленный на «Луноходе-1», изготовлен французскими специалистами. Хорошо видны 14 призм, выполненных из окиси кремния

большими трудностями. Слишком велики световые потери (поглощение и рассеяние света). Приходящий сигнал едва заметен на неизбежном фоне.

Если направить лазерный луч на Луну, то на ее поверхности образуется пятно площадью в десятки квадратных километров. На столь обширном пространстве могут встретиться перепады рельефа, во много раз превышающие теоретическую ошибку метода. Полученный результат будет содержать значительную неопределенность. Ясно, что применение лазерного метода измерения расстояний значительно выигрывает, если использовать доставляемые на поверхность исследуемых небесных тел искусственные отражатели. Они должны иметь высокую отражающую способность. Безусловно, требуется, чтобы направление луча, идущего от Луны, совпадало с направлением падающего луча и, разумеется, важно, чтобы оптические свойства в течение всего периода эксперимента не менялись.

На «Луноходе-1», как уже говорилось, установлен отражатель, изготовленный французскими специалистами. Он сконструирован и выполнен фирмой «Аэроспасьяль» при содействии ряда других французских организаций.

Лазерный отражатель весит 3,7 кг. Его составляют 14 прямоугольных призм из искусственного кремния. Успех эксперимента в значи-

тельной степени зависит от точности соблюдения геометрических параметров призм. Чем выше точность, тем мощнее отраженный сигнал, тем ближе совпадение траектории обратного и падающего лучей.

Перед отправкой в Советский Союз отражатель испытывали в термобарокамере в условиях высокого вакуума и при колебаниях температуры около 150° . Выяснилось, что очень большие перепады температуры не вызовут сколь угодно существенных остаточных деформаций в оптических призмах. А это особенно важно для долговременной стабильной работы отражателя.

Как заявили французские специалисты, лазерный отражатель по своим оптическим качествам в три раза лучше американского, установленного на поверхности Луны экипажем космического корабля «Аполлон-11».

Наблюдения проводятся учеными Физического института Академии наук СССР на Крымской астрофизической обсерватории. Французские астрофизики наблюдают на обсерватории Пик-дю-Миди на юге Франции.

По соглашению, координаты лунохода были опубликованы, и теперь лазерную локацию Луны могут провести обсерватории других стран.

Продолжительность единичного эксперимента около 2,6 секунды. Это время, за которое световой сигнал проходит расстояние от Земли до Луны и обратно. Необходимое количество данных можно получить, выполняя лишь длительные серии наблюдений. По сообщению французской печати, изготовленный во Франции лазерный отражатель рассчитан на работу в течение 10 лет.

Сейчас относительная ошибка составляет $1/10^3$. Это, примерно, соответствует измерению 1 км с точностью 1/100 мм. Нужна ли такая высокая точность? Ведь радиолокационные измерения и раньше давали такую величину с ошибкой не более 15 км при абсолютной величине измеряемого расстояния около 400 000 км. Ответ может быть только один: высокая точность с относительной ошибкой $1/10^8$ необходима для решения ряда насущных задач. И если через некоторое время будут существенно уточнены параметры системы Земля—Луна, выяснены вопросы дрейфа континентов и решен ряд задач небесной механики и космической геодезии, мы с уверенностью можем сказать, что лазерная техника внесла свой вклад в развитие космических исследований и небесной механики.

Б. Н. РОДИОНОВ
профессор

Космическая съемка

Фотография, телевидение, фототелевидение, съемка в инфракрасных лучах, радиолокация — все эти методы прочно вошли в арсенал исследователей космоса.

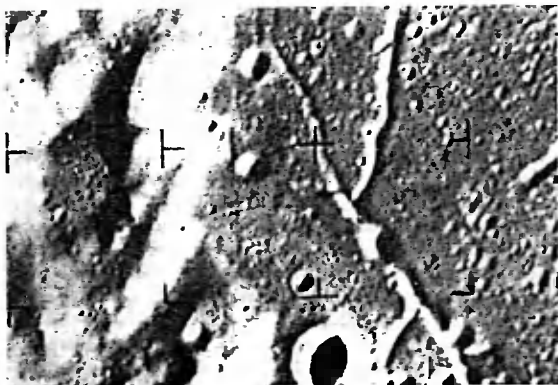
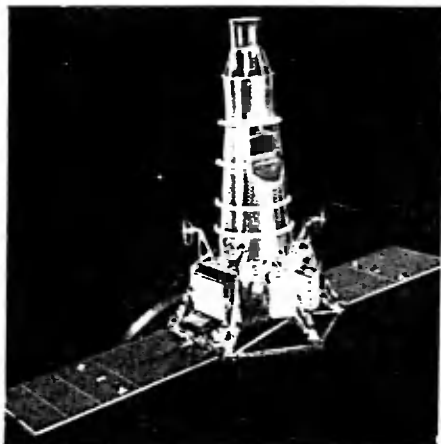
До начала космической эры основные сведения о планетах были получены именно оптическими способами: сначала визуальными, а затем фотографическими.

Фотографии нашей Земли и других планет солнечной системы дают исследователям различных специальностей очень много разнообразнейших сведений. Процесс получения изображений составляет в технике особую область, которую принято называть съемкой. Успехи космонавтики позволили радикальным образом развить наблюдения поверхности Луны и планет, предопределив зарождение и становление космической съемки. Она производится с космиче-

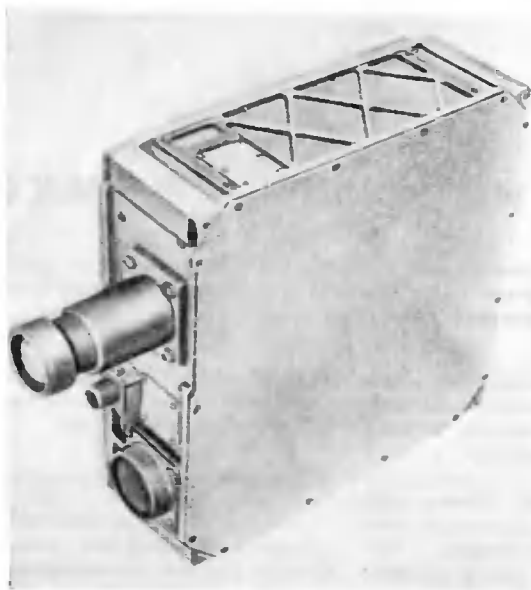
ских летательных аппаратов, чьи траектории пролегают неподалеку от изучаемых небесных тел.

11 ЛЕТ ИССЛЕДОВАНИЙ

7 октября 1959 г. советская автоматическая межпланетная станция «Луна-3» впервые сфотографировала обратную сторону Луны и передала на Землю по телевидению ее изображения. Человечество впервые получило уникальные фотографии той части лунной поверхности, которая недоступна для наблюдений с Земли. На обратной стороне Луны были открыты различные образования. Фотографические снимки позволили составить карту невидимого по-



Американский космический аппарат серии «Рейнджер» и телевизионный снимок участка поверхности Луны, переданный «Рейнджером-7»



лушария Луны и ее глобус. Они позволили установить также, что общий характер невидимого полушария резко отличается от того, которое всегда обращено к Земле.

На страницах журнала «Земля и Вселенная» подробно освещались основные этапы космической съемки. Мы приводим лишь краткие сведения из недавней истории этого направления космических исследований.

Через 5 лет, в июле 1964 г., американский космический аппарат «Рейнджер-7» передавал с высоты от 2300 км до 300 м над поверхностью Луны изображения ее рельефа. Полученный материал использовался для изучения лунной топографии и для составления карт отдельных участков Луны.

В ноябре 1964 г. вблизи Марса пролетел американский космический аппарат «Маринер-4», на борту которого находилась система для телевизионной съемки поверхности планеты и для промежуточной записи полученных изображений на бортовой видеомagneитофон с последующей передачей их на Землю.

Фототелевизионное устройство автоматической межпланетной станции «Зонд-3» и фототелевизионный снимок Луны, полученный этой станцией

В июле 1965 г. советский космический аппарат «Зонд-3» сфотографировал не освещенную прежними съемками часть обратной стороны Луны и передал изображение по телевизионным каналам на Землю. Новые данные позволили построить первую полную карту Луны.

Через полгода, в январе 1966 г., на поверхность нашего естественного спутника мягко опустилась советская станция «Луна-9» и передала на Землю первые панорамы непосредственно с лунной поверхности.

Еще через полгода мягко прилунившийся американский космический аппарат «Сервейер-1» также передал на Землю телевизионные изображения Луны.

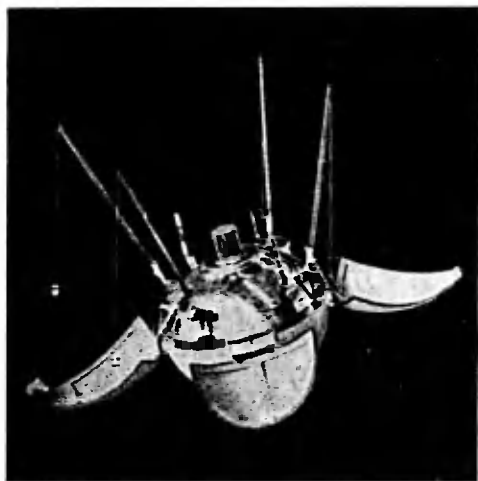
После полета первого искусственного спутника Луны — советской станции «Луна-10» — открылась возможность планомерной фототелевизионной съемки лунной поверхности для топографического карто-

графирования и геологического изучения. Такую съемку начал в августе 1966 г. американский космический аппарат «Лунар Орбитер-1».

Вскоре с селеноцентрической орбиты фототелевизионную съемку произвела советская станция «Луна-12».

Фототелевизионная съемка аппаратами «Лунар Орбитер-2, -3, -4, -5» продолжалась в ноябре 1966 г., феврале, мае и августе 1967 г. В результате была заново сфотографирована практически вся лунная поверхность, за исключением небольших участков в районах полюсов. Кроме лунной поверхности, аппараты «Лунар Орбитер» снимали Землю, а также вид Земли над лунным горизонтом.

Одновременно продолжались съемки на поверхности Луны аппаратами: «Луна-13» (декабрь 1966 г.), «Сервейер-3, -5, -6» (апрель, сентябрь, ноябрь 1967 г.) и «Сервейер-7» (январь 1968 г.). Снимки бо-



Советская автоматическая станция «Луна-9» и фрагмент телевизионной панорамы, переданный с поверхности Луны этой станцией

более детально отразили микрорельеф и структуру лунной поверхности, а также дали новую информацию. Так, на панорамах, переданных «Луной-13», были обнаружены следы перемещения камня на поверхности, отпечатки деталей станции на грунте, а на американских снимках — изображения механических воздействий на грунт деталей и механизмов автоматической лунной станции.

В сентябре 1968 г. советский космический аппарат «Зонд-5» после облета Луны сфотографировал Землю с расстояния 90 000 км, а экспонированная пленка впервые из космоса была доставлена на Землю.

В ноябре 1968 г. «Зонд-6» сфотографировал Луну с расстояний около 11 000 и 2 400 км и также доставил пленку на Землю. Впервые удалось получить пригодные для точных измерений снимки лунных лимбов в плоскостях, перпендикулярных к видимым с Земли, т. е. профили лимбов, недоступных земным наблюдателям.

В декабре 1968 г. фотосъемку Луны выполнили американские космонавты, находившиеся на борту космического корабля «Аполлон-8», а в мае 1969 г. — космонавты «Аполлона-10». В июле 1969 г. экипаж лунной кабины «Аполлона-11» вы-

полнил фото- и киносъемки во время выхода на поверхность Луны.

В августе 1969 г. советский космический аппарат «Зонд-7» произвел цветную съемку Земли и Луны из космоса и доставил пленку на Землю.

В том же месяце были получены снимки Марса с американских аппаратов «Маринер-6 и -7», а в ноябре космонавты экспедиции «Аполлона-12», находясь на поверхности Луны, дополнили коллекцию лунных пейзажей.

В октябре 1970 г. советский космический аппарат «Зонд-8» сфотографировал западное полушарие нашей планеты и часть обратной стороны Луны. Полученные снимки отличаются высоким качеством.

В ноябре 1970 г. маршрутную телевизионную съемку местности начал первый самоходный аппарат — советский «Луноход-1».

ФОТОТЕЛЕГЛАЗ СМОТРИТ НА ЛУНУ ИЗ КОСМОСА

Космическое телевидение открывает исследователям новые перспективы. Конечно, оно отличается от земного. Так, для картографирования Луны передача ведется в медленном темпе. Тогда слабый ви-

деосигнал может быть «очищен» от космических радиошумов и шумов радиоаппаратуры. В практике космического телевидения используются три метода: во-первых, экспонирование и проявление фотоснимков на борту космического аппарата и последующее медленное считывание изображения «бегущим лучом»; во-вторых, медленное сканирование рельефа электронно-механическим устройством; в-третьих, мгновенное запоминание изображения на мишени передающей телевизионной трубки и медленное его считывание.

Наиболее перспективны для картографических съемок планет фототелевизионные системы (первый метод космического телевидения). Они применялись на советских космических аппаратах «Луна-3» и «Зонд-3». В США подобная система устанавливалась на спутниках Луны «Лунар Орбитер». При фототелевизионной передаче фотографического изображения с борта космического аппарата снимок обширного пространства имеет высокое разрешение. Исследователи могут варьировать временем сеансов связи. Однако вес и размеры системы велики, а режим работы ограничивается запасом топлива.

На советской автоматической стан-



Американский искусственный спутник Луны серии «Лунар Орбитер» и фототелевизионный снимок кратера Кеплер, сделанный «Лунар Орбитером-3»

ции «Луна-9» была установлена механическая телевизионная система (пример второго метода космического телевидения). Аппаратура станции передала панораму места ее посадки. Хорошая четкость изображения, малый вес, небольшие габариты, экономное потребление энергии — вот очевидные преимущества метода.

Третий метод применялся на американском космическом аппарате «Рейнджер». Телевизионная аппаратура «Рейнджера» состояла из шести телевизионных камер с разными фокусными расстояниями объектов, разными углами зрения и четкостью. Достоинство метода заключается в том, что сеанс связи проводится очень быстро во время падения аппарата на Луну. Недостаток — небольшое разрешение. Правда, разрешение можно улучшить, если длиннофокусным объективом сузить угол обзора. Но тогда уменьшается площадь, захватываемая одним снимком. А это невыгодно для картографирования.

Регулярные картографические съемки ночного светила возможны только с искусственных спутников Луны. С других типов космических аппаратов проводится лишь эпизодическая съемка. Очень важно пра-

вильно выбрать орбиту. Наиболее выгодными оказываются полярные орбиты, проходящие над полюсами Луны. Космический аппарат, обращаясь по такой орбите, за одни лунные сутки может своими фототелевизионными системами охватить всю поверхность Луны. Необходимо, чтобы снимки «вмещали» полосу местности шириной 33 км, что равно смещению следа орбиты по экватору за один виток. Однако, полярные орбиты наиболее трудны для выведения на них искусственных спутников. Целесообразнее выбирать орбиты с наклоном, равным максимальной широте снимаемого участка.

Луна отличается благоприятными условиями для космических картографо-геодезических работ. На ней нет облачного покрова и обширных водных пространств, затрудняющих аналогичные изыскания на Земле.

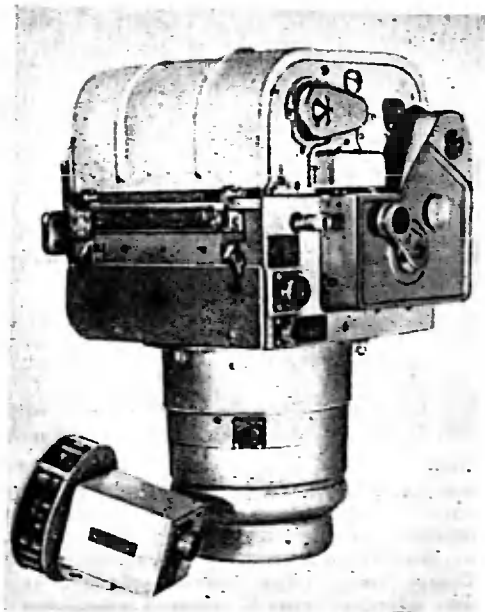
Относительно медленное вращение Луны и существенно меньшая, чем на Земле, прецессия орбит ее искусственных спутников позволяют геометрически наиболее правильно разместить в окололунном пространстве точки, из которых будут производиться наблюдения и съемки.

Процессы эрозии на поверхности

Луны по своей интенсивности не могут сравниться с происходящими на Земле. Поэтому лунные камни и небольшие кратеры могут служить надежными опознавательными знаками, не нуждающимися в специальном закреплении.

Чтобы получить изображение лунной поверхности в крупном масштабе, требуются топографические фотоаппараты, которые компенсируют сдвиг изображения, возникающий из-за движения спутника (в таком фотоаппарате во время экспозиции происходит перемещение пленки со скоростью движения оптического изображения). Обработывают снимки методами так называемой динамической фотограмметрии, позволяющей учитывать сдвиг изображения исследуемого объекта в фотоаппарате во время съемки.

Для изучения физических свойств лунной поверхности наблюдений только в видимом диапазоне недостаточно. Потребуются съемки сканирующими инфракрасными радиометрами, а также работающими в дециметровом диапазоне. Это даст материал для составления детальных тепловых карт Луны. Некоторые из этих карт позволят определять температуру в подповерхностном слое планеты. Волны децимет-



Фотографический аппарат, установленный на советской автоматической межпланетной станции «Зонд-5» и фотоснимок Земли, доставленный ею

рового диапазона, проникая в лунный грунт на некоторую глубину, дают возможность изучать физические свойства подповерхностных слоев Луны.

НОВЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПЛАНЕТ

Марс, безусловно, следующий после Луны объект космического телевидения. Здесь так же, как и на Луне, условия для телевизионного картографирования благоприятны.

К сожалению, запуски космических аппаратов к Марсу могут производиться пока лишь во время его противостояний. Вероятно, еще долгое время единственным способом передачи материалов съемки Марса на Землю будет радиоканал, что, безусловно, ограничивает информативность. Существенной проблемой остается «очистка» сигналов изображения от помех, неизбежно накла-

дывающихся при передаче на дальние расстояния.

Венера закрыта плотным слоем облачности и ее поверхность недоступна для оптических наблюдений из космоса. Тем не менее «увидеть» поверхность Венеры крайне заманчиво.

Ученые ряда стран предлагают сфотографировать облачный покров Венеры с аэростата, который должен сбросить космический аппарат. После выполнения съемок при полете аэростата выше облаков, капсула с телевизионной аппаратурой должна отцепиться и, падая на планету, произвести съемку ее поверхности. Аэростат и космический аппарат будут служить ретрансляторами для передачи изображений на Землю. Реализовать такое предложение очень непросто. Достаточно вспомнить, в каких необычных условиях должна работать аппаратура. Еще

точно не известно, доходит ли к Венере свет сквозь толщу облаков и не потребуются ли искусственная подсветка.

На страницах научных журналов обсуждается проект съемки поверхности Венеры с ее искусственного спутника. На борту спутника предполагают установить радиолокационную систему с так называемой синтезированной апертурой. Она позволит лучу «высветить» изображение сквозь мощный облачный покров. Но этот вариант еще далек от воплощения.

Проект пролета мимо Венеры интересен тем, что космический аппарат выйдет к Меркурию и, миновав его, залетит за Солнце. Таким образом, представится возможность выполнить съемку облачного покрова Венеры, поверхности Меркурия и обратной (по отношению к Земле) стороны Солнца. Меркурий, как из-



Американский автоматический космический аппарат серии «Маринер» и телевизионный снимок Марса, переданный «Маринером-6»

известно, неудобно наблюдать с Земли, его поверхность мало изучена. Съемка же той стороны Солнца, которая не видна наблюдателю с Земли, жизненно необходима, так

как она позволит значительно глубже познать солнечную активность. Когда-нибудь вокруг Солнца будут обращаться специальные объекты, ведущие постоянные наблюдения за

его фотосферой, подобно тому как метеорологическая космическая система «Метеор» наблюдает за облаками и тепловым излучением Земли.



КАТАСТРОФА — «КРАСНЫЙ ПРИЛИВ»

В последние дни августа 1970 г. побережье острова Санта-Ана (Мексиканский залив) покрылось мертвой рыбой. В массе погибшей рыбы оказалась даже 1,5-метровая акула. Но не только побережье, все дно до глубины 20 м (глубже аквалангисты не спускались) было усеяно трупами морских обитателей. Что же произошло? Ничего нового. Массовое размножение простейших морских организмов вида «гимнодinium бревис» — «красный прилив», характерное для Мексиканского залива, на этот раз достигло катастрофических размеров. Через 10 суток после замора в одном литре морской воды оказалось 700 000 клеток «гимнодinium бревис» (необычайно высокая концентрация). В эти же дни местные жители острова Санта-Ана и рыбаки жаловались на вос-

падение слизистой оболочки и горла, что, по-видимому, тоже связано с «красным приливом».

«Smithsonian Institution Event Notification Card», 1032.

СОЛЯНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ В АТЛАНТИКЕ

Сотрудники Британского океанографического центра (Брест, Франция) сообщили о научных результатах недавно завершившейся экспедиции исследовательского судна «Жан Шарко» в водах центральной и северной Атлантики. У берегов Лабрадора, Ньюфаундленда, Марокко, Португалии и в Бискайском заливе на дне были обнаружены складчатые геологические образования — диапир — из соляных отложений. Аналогичные диапиры уже встречались в Мексиканском заливе, в западной части Средизем-

ного моря и у северо-восточных берегов Африки. Их открыли в результате глубинного бурения и сейсмического зондирования с борта американского научно-исследовательского судна «Гломар Челленджер».

Сопоставление материалов позволило французским морским геологам прийти к выводу о том, что вдоль окраин материков, образующих северную Атлантику, существует весьма протяженный глубинный слой солевых отложений. Образование такого слоя, по их мнению, можно связать с ранними стадиями раскола единого пракоинтинента, когда шло формирование материков современных очертаний. Диапиры могли отложиться в период, отстоящий от нашего времени на 140—180 млн. лет, когда Атлантический океан (по мнению исследователей) был узким закрытым бассейном с небольшими глубинами. Затем океан расширился, окраины континентов погрузились достаточно глубоко и последующее накопление солей прекратилось. «Nature», 25, 1970.

Алексей Павлович Ганский

20 июля 1970 г. исполнилось 100 лет со дня рождения талантливого русского астронома Алексея Павловича Ганского. Научная деятельность А. П. Ганского началась в его родном городе Одессе, где он учился на физико-математическом факультете Новороссийского университета у таких выдающихся педагогов, как физик Н. А. Умов, механик В. Н. Лигин, метеоролог А. В. Колоссовский и астрофизик А. К. Кононович. Еще студентом А. П. Ганский увлекся астрономией. После окончания курса он был оставлен при университете «для подготовки к научной деятельности». В это время он начал заниматься фотографированием Солнца. В 1896 г. А. П. Ганского посылают на стажировку в знаменитую Пулковскую обсерваторию, куда он приехал в самый разгар снаряжения экспедиции для наблюдения полного солнечного затмения 8 августа 1896 г. Вместе с С. К. Костинским и О. А. Баклундом, бывшим в то время директором Пулковской обсерватории, А. П. Ганский отправляется на Новую Землю наблюдать затмение.

Успех этой первой в жизни А. П. Ганского экспедиции определил его дальнейшие научные интересы. На Новой Земле А. П. Ганский получил снимки солнечной короны с помощью широкоугольного объектива. На них были видны корональные лучи вплоть до расстояния в 5 радиусов Солнца. В этой первой серьезной работе, как и во многих последующих, ему помогли талант фотографа и умение рисовать. Объединив свой снимок с фотографией внутренней короны, полученной С. К. Костинским, он сделал великолепный рисунок детальной структуры короны 1896 года.

Впоследствии А. П. Ганский участвовал еще в двух экспедициях по наблюдению солнечных затмений: 30 августа 1905 г. в Испании и 13 января 1907 г. в Туркестане. Первая из них также



А. П. Ганский (1870—1908)

была удачной, и на основе полученных фотографий А. П. Ганский сделал еще один великолепный рисунок короны. Вторая экспедиция оказалась неудачной из-за плохой погоды в день



Так выглядела астрономическая обсерватория на горе Монблан в конце XIX в.

затмения. Во время этой поездки А. П. Ганский выполнил ценные наблюдения зодиакального света.

Вскоре после представления отчета об экспедиции на Новую Землю появляется большая статья А. П. Ганского, в которой он подробно анализирует связь структуры короны с активными образованиями в солнечной атмосфере и обосновывает зависимость формы короны от фазы цикла солнечной активности. Используя эту зависимость, А. П. Ганский предсказывает, как должна выглядеть корона в эпоху ближайшего к тому времени минимума 1900 г. Его прогноз блестяще подтвердился наблюдениями затмения 28 мая 1900 г.

Завершив обработку материалов экспедиции на Новую Землю, А. П. Ганский уезжает за границу. Он слушает лекции в Сорбонне, на Парижской обсерватории вместе с М. Леви фотографирует Луну, работает в Потсдамской астрофизической лаборатории и на Медонской обсерватории у знаменитого П. Жансена. Этот выдающийся французский астрофизик в 1895 г. получил непревзойденные по тому времени снимки солнечной грануляции. А. П. Ганского

интересует методика фотографирования тонких деталей на поверхности Солнца, а также обсерватория, которую парижские астрономы построили на высоте 4600 м на вершине Монблана. Такая высота сулила богатые возможности для солнечных исследований.

В 1897—1905 гг. А. П. Ганский совершает девять восхождений на Монблан. На обсерватории он пробыл в общей сложности полтора месяца. Во время этих экспедиций А. П. Ганский неоднократно определял значение солнечной постоянной. После пионерских работ В. Гершеля и С. Пуье это было одно из первых и лучших для того времени измерений солнечной постоянной.

Другая задача, которую А. П. Ганский пытался решить на Монблане, — фотографирование солнечной короны вне затмений. Он закрывал металлическим экраном изображение Солнца, получавшееся в фокусе 30-сантиметрового рефрактора, и производил фотографирование через красные светофильтры. Таким путем он рассчитывал значительно уменьшить ореол рассеянного света вокруг изображения Солнца. В результате А. П. Ганский получал снимки рав-

номерного спяния, слегка вытянутого вдоль экватора, но все-таки, возможно, это не было истинным изображением короны.

На Монблане А. П. Ганский наблюдал планеты (Венера и Юпитер) и также проводил гравиметрические измерения. За свои научные исследования А. П. Ганский получил французский орден Почетного легиона.

Во время своих многократных поездок на родину, в летние месяцы 1899 и 1901 гг., А. П. Ганский участвовал в экспедиции для градусных измерений на острове Шпицберген. На Шпицбергене в очень трудных условиях он снова определял напряжение силы тяжести и повторил начатые еще в 90-х годах попытки использовать фотографию в топографической съемке. За обработку гравиметрических измерений, выполненных на Шпицбергене, Русское астрономическое общество представило его к премии. Алексей Павлович был отважным и мужественным исследователем. Помимо трудных и сложных восхождений на Монблан, в 1899—1900 гг. в Петербурге и Париже он совершил три полета на воздушном шаре для наблюдения метеорного потока Леонид.

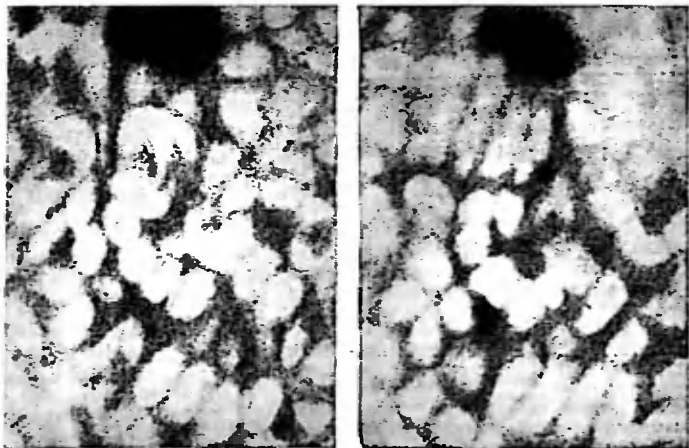
В 1905 г. А. П. Ганский окончательно переезжает в Пулково и становится адъютант-астрономом Пулковской обсерватории.

В 1905—1907 гг. А. П. Ганский приступает к исследованию солнечной грануляции — сложнейшей и трудоемкой задаче, решение которой он фактически успел только начать. В 1907 г. была опубликована первая из двух его работ на эту тему: «Фотография солнечной грануляции, полученные в Пулково», вторая работа «Движение солнечных гранул по поверхности Солнца»

появилась в печати одновременно с некрологом о нем.

Эти труды А. П. Ганского продолжали многие ученые, но только сравнительно недавно М. Шварцшильду удалось, наконец, получить с воздушных шаров снимки грануляции лучшие, чем у А. П. Ганского. Жансен раньше А. П. Ганского сделал несколько превосходных снимков грануляции. Но А. П. Ганский впервые стал фотографировать солнечную поверхность с интервалом времени в несколько десятков секунд. Это позволило ему отождествить на последовательных снимках одни и те же гранулы и проследить, как они изменяются и движутся, определить длительность их существования. Результаты последней работы А. П. Ганского стали классическими: средний диаметр гранул — $1''$ дуги, среднее время жизни около 5 минут. Помимо этого он обнаружил относительные движения гранул со скоростями около 4 км/сек , а также периодические колебания со скоростями порядка 30 км/сек , которые он связывал с колебаниями верхних слоев земной атмосферы.

Атмосферные условия чрезвычайно редко позволяют получить хорошие снимки грануляции. В Пулково, где к тому же невелико и общее число ясных дней, работать было особенно трудно. А. П. Ганский стремился найти для астрофизических наблюдений место с лучшим климатическими условиями. В этом ему помог богатый экспедиционный опыт. В 1906 г. Петербургская академия наук посылает А. П. Ганского и Г. А. Тихова в Крым наблюдать зодиакальный свет и изучить качество изображений. Местом наблюдений они выбрали перевал Ай-Петри. К сожалению, сфотографировать зоди-



Солнечная грануляция. Рисунки сделаны А. П. Ганским с увеличенных фотографий солнечной поверхности, полученных в Пулково 25 июня 1905 г. с интервалом времени 25 секунд



Солнечное пятно 27 мая 1906 г. Этот рисунок А. П. Ганский сделал во время экспедиции в Крым

акальный свет не удалось. А. П. Ганский сделал зарисовки солнечных пятен и вместе с Г. А. Тиховым выполнил интересные наблюдения Юпитера, Венеры и Луны. Оба участника этой экспедиции пришли к выводу, что условия в Крыму весьма благоприятны для разнообразных астрофизических и, в частности, солнечных наблюдений.

Возвращаясь из экспедиции в Севастополь. А. П. Ганский был поражен, увидев на горе над Симеизом воплощение своей мечты — небольшую астрономическую обсерваторию. Она принадлежала Н. С. Мальцову. Вероятно, порченный обаянием А. П. Ганского, Н. С. Мальцов предложил ему в дар свою скромную обсерваторию и обширный участок земли на горе

Кошка, но затем, по совету А. П. Ганского, он подарил ее Пулковской обсерватории. Решено было организовать Симеизское астрофизическое отделение Пулковской обсерватории, и А. П. Ганский был назначен его руководителем. Трагический случай оборвал кипучую деятельность молодого ученого — 11 августа 1908 г. он утонул во время купания в Черном море.

После гибели А. П. Ганского в «Известиях Русского астрономического общества» Г. А. Тихов писал: «Алексея Павловича больше нет, но есть надежда, что сильный толчок, данный им вопросу о южной обсерватории, приведет к сооружению в Симеизе большой астрофизической обсерватории, которая будет связана с дорогой для нас памятью Алексея Павловича». И эта обсерватория была построена.

Большую роль играл А. П. Ганский в общественно-научной жизни России. Когда А. А. Белополюский организовал при Петербургской академии наук центр по изучению Солнца, А. П. Ганский активно участвовал в его работе. Он был секретарем Русского отделения Международной солнечной комиссии, одного из предшественников будущего Международного астрономического союза. А. П. Ганский был вице-президентом основанного в 1890 г. С. П. Глазенапом Русского астрономического общества. На собрании общества 15 ноября 1907 г. А. П. Ганский выступил с докладом «О движении вещества в короне Солнца».

Талантливый исследователь Солнца А. П. Ганский занял почетное место в истории нашей науки. Его именем назван один из кратеров на Луне и малая планета № 1118, открытая на Симеизской обсерватории.

Э. В. КОНОНОВИЧ
доцент
П. Г. КУЛИКОВСКИЙ
доцент



МАССА И ПЛОТНОСТЬ АСТЕРОИДОВ

Период обращения астероида Цереры (1682 дня) близок к периоду обращения другого астероида Паллады (1686 дней). Вследствие почти полной соизмеримости периодов гравитационное взаимодействие между этими небольшими телами вызывает заметное изменение их движения. Исследовав возмущения

орбиты Паллады, доктор И. Шубарт (ФРГ) определил, что масса астероида Цереры равна $6,7 \cdot 10^{-16}$ солнечной, или $13,4 \cdot 10^{23}$ г. По мнению Шубарта, средняя плотность Цереры примерно такая же, как средняя плотность Меркурия или Земли ($5,5 \text{ г/см}^3$).

Через некоторое время доктор

Г. Герц (ФРГ) из возмущений орбиты астероида Ареты оценил массу астероида Весты. Масса этой малой планеты равна $1,2 \cdot 10^{-16}$ солнечной, или $2,4 \cdot 10^{23}$ г. Если размеры Весты, согласно старым микрометрическим измерениям Е. Барнарда, составляют 385 км, то ее средняя плотность сравнима с плотностью железа! Однако английский астроном Д. Аллен считает, что истинные размеры Весты значительно больше — около 575 км. Тогда плотность Весты не превышает $2,4 \text{ г/см}^3$. Это меньше средней плотности Меркурия, Земли и Марса.

«Sky and Telescope», 40, 3, 1970.



**СИМПОЗИУМЫ,
КОНФЕРЕНЦИИ,
СЪЕЗДЫ**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОСМОНАВТИКА: ПРИМЕТЫ СЕМИДЕСЯТЫХ ГОДОВ

**(Заметки о XXI конгрессе
Международной астронавтической федерации)**

Если провести анкету среди ста человек, возможно, только один из них утвердительно ответит на вопрос: известен ли ему город Констанц в ФРГ? Обычно при упоминании этого города немедленно и естественно возникают ассоциации с городом Констанца в Румынии.

Делегация советских участников XXI Международного астронавтического конгресса во главе с членом-корреспондентом АН СССР О. Г. Газенко 3 октября 1970 г. была доставлена из аэропорта Констанц в гостиницу «Святой Иоганн». Нынешний отель входит в старинный комплекс кирхи «Святой Иоганн», колокол которой, кстати сказать, не умолкает ни днем, ни ночью.

Оргкомитет и пресс-центр конгресса расположились на борту белого прогулочного катера, мерно покачивающегося на спящей глади озера Бодензее. На пристани — памятник графу Цепелину, создателю первых дирижаблей, уроженцу Констанца.

Когда в городском кинотеатре состоялась премьера фильма «24 часа над планетой», зал был переполнен до отказа. Здесь были и рабочие предприятий города, и продавщицы галантерей, и часовщики, и фармацевты, и литераторы, и художники, и просто родители с детьми. Многие из них уже знакомы с советскими космонавтами, прибывшими вместе с делегацией СССР на конгресс. А сейчас со сверкающего неземного голубиной экрана Андриян Николаев и Виталий Севастьянов улыбаются им снова.

После просмотра из зала посыпались десятки вопросов. Зрителей интересовало, можно ли использовать космическое пространство для нужд телевидения, связи, для более точного предсказания погоды.

На конгрессе, который проходил в здании, где в 1482 г. был вынесен инквизиторский приговор о сожжении чешского патриота Яна Гуса, шло оживленное обсуждение коренных проблем освоения Вселенной. В дни конгресса над этим зданием, именуемым «Концильгебойде», развевались флаги 36 стран-участниц.

После торжественной церемонии открытия конгресса выступил член-корреспондент АН СССР К. Я. Кондратьев с лекцией «Исследования природной среды из космоса» *. В Констанце рассматривался, главным образом, весь круг проблем, связанных с орбитальными станциями и автоматическими средствами для изучения Луны и планет солнечной системы. После создания первой советской орбитальной станции (январь 1969 г.) появилось множество различных проектов. Дискуссии сводились в основном к обсуждению двух способов сборки орбитальной станции: на Земле и на орбите. На орбите станция монтируется из нескольких отдельных блоков, секций, элементов или космических кораблей. По-видимому, на Земле будут создаваться «малые станции», а на орбите — «большие». Любые орбитальные станции будут иметь основные отсеки (командный, лабораторный, орбитальный и приборно-агрегатный), которые входят в конструкцию корабля типа «Союз».

Среди проектов орбитальных станций, представленных конгрессу, можно упомянуть первую американскую экспериментальную станцию «Скайлэб-1». Задумана она давно. Первоначально ее предполагали вывести на орбиту в 1968 г., теперь создание станции отложено на 1972 —

* К. Я. Кондратьев. Исследования природной среды из космоса. Статья опубликована в этом номере журнала.

1973 г. Она мыслится как специально оборудованная ступень ракеты-носителя «Сатурн-5».

Интерес вызвал также проект болгарских ученых, с которым выступил один из ветеранов Международной астронавтической федерации Никола Бонев. Проанализировав опыт полетов на кораблях «Союз», Бонев предложил создать орбитальную станцию, которая, подобно Луне, постоянно была бы обращена одной стороной к Земле. По его мнению, такую станцию можно было бы эффективно использовать для наблюдения за метеорологическими явлениями. Некоторые новые правовые аспекты, связанные с созданием долговременных станций на орбите, сообщил советский юрист В. С. Вережтнин.

Особый симпозиум был посвящен проблеме Международной орбитальной лаборатории. По существу, это — оригинальная попытка перенести опыт «земных» экспедиций (в данном случае последней экспедиции Тура Хейердала) на проблему оптимального формирования космических экипажей. В докладе Ю. А. Сенкевича и М. А. Новикова речь шла о психологических проблемах отбора и формирования экипажей, о создании «оптимальной психологической атмосферы на борту корабля». Авторы доклада считают, что национальные различия и языковые трудности оказывали на группу двойственное влияние. Недостаточное понимание друг друга затрудняло общение, но в то же время этнические и национальные различия повышали консолидацию группы, усиливая взаимный интерес и оживляя дискуссии, сдерживали негативные реакции. Советский врач отмечал, что по мере нарастания трудностей путешествия, на первый план все больше стали выдвигаться работоспособность, выносливость, готовность к сотрудничеству, инициатива.

На XXI Международной астронавтической федерации была впервые сформирована секция гиперзвуковой аэродинамики, председателем которой был избран советский ученый, профессор В. В. Сычев. В своем докладе он подвел первые итоги исследований полетов с гиперзвуковыми скоростями на очень больших высотах. Такие исследования особенно актуальны в связи с обеспечением экономичных коммуникаций между Землей и будущими станциями на околоземной орбите. По мнению докладчика, должны быть созданы транспортные средства многократного применения, т. е. своеобразные самолеты, способные после выполнения космического полета совершить обычную посадку на аэродром.

О разработке транспортных средств для доставки грузов на орбиту (проект «Шеттл» — «Челнок») сообщил американский ученый, доктор Г. Мюллер. В день выступления он был

удостоен медали имени Эйгена Зенгера. Медаль учреждена Международной академией астронавтики в честь крупного немецкого ученого (1905—1964 гг.), разрабатывавшего, в частности, проблему «ракетного самолета». В 1950—1952 гг. Зенгер возглавлял Международную астронавтическую федерацию.

В Констанце мне довелось познакомиться с немецким ученым Германом Обертом, одним из основоположников ракетной техники и космонавтики. Возраст этого человека, чья жизнь стала историей, приближается к круглой цифре 80. Позади длинный и противоречивый путь исканий в науке и жизни. Послевоенные годы для Оберта — годы странствий: Италия, США. Ученому было за семьдесят, когда он вернулся на родину. Интересы молодости вновь возрождаются. Из ящика он извлекает переписку с Циолковским, полную надежд, творческих «задиристых» споров... А тем временем уходит ввысь первый спутник, запущенный соотечественником Циолковского — значит, Константин Эдуардович не ошибся в расчетах... На скрижалях истории появляется имя Гагарина... Полеты на Луну, Венеру, Марс... Оберт возвращается к вопросам теории полета ракет и использования их для исследования атмосферы и пилотируемых экспедиций.

За две недели до открытия конгресса произошло событие, несомненно оказавшее влияние на ход и характер некоторых дискуссий в Констанце. Речь идет о посадке советской автоматической станции «Луна-16», оборудованной грунтозаборным устройством и аппаратом для доставки лунного грунта на Землю.

Профессор Ю. К. Ходарев сообщил, что посадочная платформа, использованная при полете на Луну советской автоматической станции «Луна-16», универсальна и что, в принципе, может применяться на различных автоматических станциях многоцелевого назначения. Полет «Луны-16» получил высокую оценку крупнейших зарубежных специалистов в области космонавтики.

Доклады летчиков-космонавтов СССР А. Г. Николаева и В. И. Севастьянова были посвящены 18-суточному полету по орбите космического корабля «Союз-9» (1—19 июня 1970 г.). Этот полет доказал, что человек может столь длительное время жить и работать в космическом пространстве. Неотензиом значение результатов полета для создания постоянной исследовательской станции на орбите.

Вместе с тем эксперимент на «Союзе-9» поставил перед космонавтикой новую проблему — проблему «привыкания к Земле» (реадаптация человека к условиям земной гравитации).

— Хочу подчеркнуть следующее,— подвел

итог сказанному Андриян Григорьевич, — ощущение постоянного воздействия перегрузки после продолжительного полета — явление новое. Вероятно, оно всегда будет сопутствовать длительным полетам человека в космос и, видимо, потребуются разработка специальных средств для облегчения реадаптации человека к условиям земной гравитации. Задача, действительно, новая и нелегкая.

— Сейчас на основании данных, полученных в результате эксперимента на «Союзе-9», — как заявил на пресс-конференции врач-космонавт Б. Б. Егоров, — уже можно говорить о возможности месячного пребывания человека на орбите.

... На доске объявлений 10 октября, в заключительный день конгресса, я прочитала: «9 часов 30 минут. Большая аудитория. О. Газенко и Ч. Берри «Медико-биологические проблемы полетов на космических кораблях «Союз-9», «Аполлон-12» и «Аполлон-13».

Член-корреспондент Академии наук СССР О. Г. Газенко говорил о проблемах длительного пребывания человека в космосе, доктор Чарльз Берри (директор Медико-биологического центра пилотируемых полетов в Хьюстоне, США) сообщил о трудностях, с которыми пришлось встретиться американским космонавтам при полетах по трассе Земля — Луна — Земля. Как известно, в состав экипажа корабля «Аполлон-13» входили космонавты Джеймс Ловелл, Джон Суиджерт, Фред Хейс. Находясь в Констанции два часа, они сообщили журналистам некоторые подробности аварии, потребовавшей от экипажа большой выдержки и мужества, чтобы благополучно возвратиться на Землю.

Впервые на конгрессе в Констанции присутствовало так много космонавтов: советских и американских — семь человек.

На заключительном приеме в честь участ-

ников конгресса А. Г. Николаеву и В. И. Севастьянову была вручена высшая награда Международной академии астронавтики, премия имени Даниэля и Флоренс Гуттенгейм. Золотой медали был также удостоен советский доктор физико-математических наук Н. А. Козыров за выдающиеся исследования природы Луны.

Новым президентом Международной астронавтической федерации избран бельгийский ученый А. Жомо, вице-президентами — академик Л. И. Седов (СССР), профессор Л. Наполитано (Италия) и профессор Е. Карафолы (Румыния).

С современным обликом крупного промышленного и культурного центра ФРГ мы познакомились, посетив Мюнхен. В моем распоряжении был всего один день. Я посвятила его знакомству с знаменитым Институтом имени Макса Планка. Эту возможность предоставил советской делегации профессор Х. Люст — специалист в области космической техники.

Институт Макса Планка — центр космических и астрофизических исследований, проводимых в ФРГ. Сейчас внимание ученых института сосредоточено на изучении физики плазмы и астрофизических исследованиях с использованием данных шаров-зондов, ракет и спутников. Мы побывали во многих отлично оснащенных лабораториях, осмотрели мощную вакуумную камеру и другие исследовательские установки.

Над столом одного из сотрудников института я прочитала на аккуратно приколотой табличке такие слова: «Невозможное мы творим быстро — чудеса несколько дольше». Их можно было бы поставить эниграммой к событиям космической эры, с небольшой поправкой: «И чудеса сегодня творятся быстро».

Л. П. МАРКЕЛОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ИЗ КОСМОСА

Значительные успехи спутниковой метеорологии доказали, что спутники и орбитальные обитаемые станции можно использовать для разносторонних исследований природной среды. Группа сотрудников Ленинградского университета и Главной геофизической обсерватории

при участии летчиков-космонавтов В. Н. Волкова, Б. В. Воинова, А. Г. Николаева и В. И. Севастьянова предприняла первый опыт комплексного решения такого рода задач*. Работа вы-

* К. Я. Кондратьев. Дистанционное зондирование. «Земля и Вселенная», № 6, 1970 г. (Прим. ред.)

полнялась в рамках научной программы пилотируемых космических кораблей «Союз-7 и -9». В докладе «Спектрофотометрические исследования Земли с пилотируемых космических кораблей», прочитанном на конгрессе автором этой статьи, обсуждались результаты подспутникового совмещенного эксперимента. Во время эксперимента проводились оптические исследования одновременно с борта космического корабля «Союз-7», двух самолетов, находившихся под спутником, и на Земле. Для различения и идентификации всевозможных природных образований использовались спектральные коэффициенты яркости, радиационные и радиояркостные температуры и другие оптические данные. Оценивалось искажающее влияние толщи атмосферы на результаты измерений яркости природных образований в различных областях спектра из космоса.

Конгресс заслушал также доклад В. И. Севастьянова о визуальных наблюдениях, проведенных с борта пилотируемого космического корабля «Союз-9» *.

В США в настоящее время отрабатывается методика дистанционного изучения ресурсов земного шара по данным самолетных спектральных измерений. Подготавливается спутник природных ресурсов, запуск которого запланирован на 1972 г. Основной доклад по этой проблематике был представлен доктором Л. Джаффи.

Непрерывные наблюдения за состоянием и динамикой природной среды могут обеспечить только искусственные спутники Земли, хотя самолетные наблюдения тоже сохраняют важное значение. Именно самолетные исследования показали, например, что методом инфракрасной термографии можно своевременно обнаружить лесной пожар.

Инфракрасные изображения могут, по-видимому, использоваться для выявления пораженных заболеваний лесов или лесов, страдающих от недостатка грунтовых вод. Служба защиты растений, вооруженная инфракрасной термографией, становится очень оперативной и действенной организацией.

Многообещающие результаты дал анализ фотографий, полученных космическим кораблем «Аполлон-9» в четырех участках длин волн. По этим данным была построена, например, карта распределения соснового леса на площади, включающей штаты Луизиана, Арканзас и Джорджия (США).

Спутники природных ресурсов позволяют очень эффективно картировать различные ха-

рактеристики земной поверхности. Ведь 70% существующих мировых карт неадекватны, 30% устарели. Так, гидрологическая карта США составлялась около десяти лет. Многие сведения на ней устарели еще до появления карты. Спутники принесут свежую информацию для картографирования разнообразных физико-географических районов. Уже имеется первый успешный опыт построения с помощью спутниковой фотографии почвенной карты для некоторых районов Калифорнии.

Спутники природных ресурсов выступят в роли разведчиков минеральных и растительных богатств. Землетрясения, извержения вулканов, наводнения будут изучаться по данным измерений электромагнитных волн в различных участках спектра (от ультрафиолетового излучения до радиоволн). Оценка гляциологических процессов на Земле станет значительно достовернее. Найдут решение сложные задачи, стоящие перед исследователями природных вод.

Спутниковые наблюдения приносят систематические (с нужной повторяемостью) сведения с обширных территорий. Принципиально важное значение приобрела разработка методов автоматического (машинного) анализа получаемых данных.

Американские специалисты отмечали, что для выполнения программы исследований природных ресурсов Земли с помощью спутников в США подготавливается технологический спутник земных ресурсов («ЭРТС»). Программа предусматривает изучение морских, водных, минеральных богатств, среды обитания человека, а также океанографические и картографические работы.

Спутник «ЭРТС» создается на конструктивной основе метеорологического спутника «Нimbus-4». Его телевизионное оснащение должно работать в трех областях спектра. Одна из них предназначена для обнаружения подводных объектов, другая — для наблюдений за растительностью, а третья для картирования береговой линии, оценки влажности почв и определения степени развития растительного покрова.

Четырехканальный сканирующий радиометр даст материал, который можно будет подвергнуть количественному анализу (в отличие от качественного анализа телевизионных изображений) и машинной обработке.

Спутник «ЭРТС» предполагается вывести на круговую, полярную (угол наклона 99°088) орбиту высотой примерно 900 км. Время существования спутника около года. Его вес составляет 740 кг. Орбитальные характеристики спутника и поле зрения аппаратуры рассчитаны так, что изображения, относящиеся к одинаковому

* В. И. Севастьянов. Научные и технические эксперименты на борту «Союза-9». «Вестник Академии наук СССР», № 11, 1970 г. (Прим. ред.)

местному времени, полностью покроют территорию США за 18 суток.

Интерпретация данных «ЭРТС» предусматривает классификацию почв, изучение ее засоленности, анализ условий использования земель. Аналогичные работы уже проводились по фотографиям, полученным космическими кораблями «Аполлон-6 и -9».

Один из важных разделов американской программы исследований природных ресурсов — запуск орбитальной обитаемой станции «Скайлэб» (1972—1973 гг.). На ней предполагается установить комплекс аппаратуры, подобранной таким образом, чтобы впоследствии корректно сопоставить данные орбитальной станции и спутника природных ресурсов.

Предполагается, что станция «Скайлэб» без

экипажа будет выведена на круговую орбиту с наклоном 50° к плоскости экватора и высотой около 420 км. Через несколько дней на станцию доставят трех космонавтов, где они пробудут 28 суток. Возможно, при последующих запусках станция будет работать 90 суток. Предусмотрена смена экипажей через 28 суток. Это позволит в ходе эксперимента возвращать на Землю фотографическую пленку и магнитную ленту, а также пополнять их запасы.

Как можно было заключить из докладов, прочитанных на конгрессе, сейчас в США происходит быстрое наращивание масштабов исследований, связанных с изучением природной среды и природных ресурсов.

К. Я. КОНДРАТЬЕВ
член-корреспондент АН СССР

«Мир океана»

Так называлась Первая объединенная океанографическая ассамблея в Токио (осень 1970 г.). Ассамблея была создана Международной ассоциацией физических наук об океане, Научным комитетом по океаническим исследованиям Международного совета научных союзов, Международной ассоциацией биологической океанографии, Комиссией по морской геологии Международного союза географических наук, Научным комитетом по изучению Антарктики. Немало забот выпало на долю Научного совета Японии. На ассамблею приехали ученые из 38 стран. С 14 по 25 сентября на 22 симпозиумах участники ассамблеи заслушали около 250 докладов по актуальным проблемам современной океанологии. С 16 по 20 сентября в помещении токийского Торгового центра работала океанографическая выставка. В ней приняли участие 144 японские, а также американские, английские, французские и западногерманские фирмы. Здесь были представлены образцы и макеты морской глубоководной техники, специальных судов и приборы, предназначенные для исследований и освоения минеральных и биологических ресурсов океана.

Современные методы и средства океанографических исследований базируются на новейших достижениях радиоэлектронной и вычислительной техники, акустики, оптики и космической

техники. Прогресс в методике исследований позволил океанографам собрать массу важных сведений, по-новому освещающих природные процессы в Мировом океане. Весьма показательны успехи морской геологии. Если в 50-е годы текущего столетия, изучая стратиграфию колонок морского грунта, геологи могли заглянуть в глубь истории океана лишь на 2—3 млн. лет, то сейчас, после выполнения программы глубоководного бурения с борта «Гломар Челленджера», оказалось возможным прочесть историю океана уже за 170 млн. лет. Этому волнующему событию был посвящен специальный симпозиум «Глубоководное бурение в океанах». Итоги уникальной экспедиции доказывают геологическую «молодость» океанского дна (осадков старше 170 млн. лет не найдено) и свидетельствуют о его раздвижении от срединно-океанических хребтов. Новые данные меняют существующие представления о глобальной тектонике Земли — основе всех геологических построений, а также возрождают старинную гипотезу Вегенера о дрейфе материков. Главные практические результаты проведенного на «Гломар Челленджере» глубоководного бурения — это обнаружение нефтеносных пластов под дном глубоководных районов океана и обширных концентраций железа, марганца и полиметаллов между осадочным и базальтовым слоями океанической коры. Если эти результаты подтвердятся дальнейшими исследованиями, то запасы ценного сырья

для металлургии возрастут поистине до безграничности.

Профессор Дж. Петерсон (Океанографический институт Скриппса, США) рассказал о плане работ по глубоководному бурению в Мировом океане на 1971—1972 гг. Предполагается увеличить глубину бурения до 1500 м от поверхности дна. Маршрут «Гломар Челленджера» пройдет над материковыми склонами Атлантического, Тихого и Индийского океанов.

Такой маршрут был выбран не случайно: планируя в районах подножий материковых склонов буровые работы, ученые надеются найти здесь полезные ископаемые также, как нефть, газ, полиметаллы и т. д.

Другой пример современных достижений в изучении Мирового океана — полугодовой эксперимент советских ученых в центральной части Атлантического океана. Эксперимент проводился в 1970 г. на специально выбранном полигоне*. (Сообщение академика Л. М. Бреховских.)

Оказалось, что океанические течения имеют очень сложную структуру: во временном масштабе они изменяются от десятков минут до нескольких месяцев, а в пространстве — от нескольких до двухсот километров. Во многих районах океанов наблюдаются многослойные, разнонаправленные, мощные потоки. Их движение сильно турбулизировано. Кроме того, новые данные указывают на достаточно быстрые перемещения водных масс в глубинах океанов. Все это имеет важное значение для правильного понимания процессов теплообмена в океанах, переноса питательных солей, определяющих биологическую продуктивность отдельных районов. Сложная динамическая структура океана выдвигает новые задачи перед навигаторами.

Для гидрофизических исследований последних лет характерно быстрое развитие лабораторных экспериментов: моделирование турбулентных процессов, внутренних волн, физических процессов в пограничных слоях и циркуляции водных масс. Конечно, такой подход существенно дешевле исследований в самом океане, но требует организации и современного оснащения лабораторной базы на берегу.

Большое внимание ассамблея уделила проблеме дистанционного измерения океанографических характеристик. Океанографы возлагают надежды на искусственные спутники Земли. Накоплен достаточно богатый опыт в определении структуры температурного поля морской поверхности со спутников. Уже есть хорошие

результаты изучения параметров атмосферы у поверхности океана на основе характеристик ветровых волн. Применение на спутниках активно-пассивной радиолокационной системы для одновременного измерения отраженного морской поверхностью сигнала и радионизлучения в микроволновом диапазоне эквивалентно 40 000 замерам скорости ветра в день (с кораблей). Спутниковые наблюдения позволяют следить за течениями, плавучими льдами и скоплениями промысловых объектов (рыбы, китов и т. д.). Таким образом, зарождается совершенно новый вид океанографических исследований — космическая океанография с ее изумительным быстродействием и глобальностью масштабов.

На шести биологических симпозиумах обсуждались важнейшие проблемы биологической продуктивности океанов. Современный промысел морских животных и рыб составляет более 58 млн. т в год. Причем среднее потребление равно 18 кг на человека (в год). Однако половину этого количества приходится использовать как техническое сырье (сельскохозяйственные удобрения, технический жир и т. д.), а человечество уже нуждается в удвоении вылова рыбы и морских продуктов. В то же время удвоить вылов — значит полностью уничтожить пищевые биологические ресурсы в океанах, подорвать воспроизводство этих ресурсов. (Общие запасы пищевых продуктов в Мировом океане сейчас оцениваются в 100 млн. т).

Таким образом, проблема увеличения морских продуктов на душу населения очень сложна. Для решительного вмешательства в природу необходимо уточнить общие запасы рыбы и животных в морях и океанах, узнать законы изменения их численности и распределения, разработать методы акклиматизации и трансплантации ценных видов морских организмов и многое другое. Остается нерешенной задача разведения и выращивания морских пищевых организмов (рыб, моллюсков и водорослей) в естественных условиях. На ассамблее много и горячо спорили о возможных путях осуществления таких программ.

Очень интересным был осмотр японской рыбопромысловой станции в заливе Цуруга (60 км от Токио).

В небольших бухтах залива расположен «океанский завод» по промышленному выращиванию желтохвоста (океанская рыба из семейства тунцовых), устриц и других моллюсков. «Сырье» производства — отлавливаемые личинки и мальки желтохвоста — выращивают до возраста молоди в специальных аквариумах на берегу. Как только рыба достигла длины 5—8 см, ее переносят в садки, а по мере ро-

* Л. М. Бреховских, К. Н. Федоров. Подготовка-70. Эксперимент в океане. Статья опубликована в этом номере журнала. (Прим. ред.)

ста — в садки более крупные. Рыб кормят анчоусом и мелкоротой корюшкой. Общий расход кормов превышает вес товарной рыбы примерно в 8 раз. Японские специалисты заявили, что этот расход экономически оправдывается.

По всеобщему признанию участников ассамблеи, серьезную угрозу для увеличения вылова морских продуктов и воспроизводства биологических ресурсов представляет быстро возрастающее загрязнение вод морей и океанов нефтью, промышленными отходами, пестицидами и т. п. На специальном симпозиуме «Вторжение человека в океан» большое впечатление на всех произвел доклад о загрязнении океана нефтью. Приведем некоторые оценки. В 1969 г. по океану перевезено около миллиарда тонн нефти и 400 млн. т получено из подводных скважин, причем от 2 до 10 млн. т из всего количества нефти попало в океан за год. В ближайшие 10 лет ожидается увеличение этих показателей в 3—4 раза. На ассамблее подробно обсуждалось отравляющее действие нефти на морские организмы. Было отмечено также, что

применение диспергирующих веществ усиливает этот эффект. По общему мнению, нефть надо не диспергировать, а извлекать из океана.

Указывали также на быстрый рост загрязнения океана свинцом промышленного происхождения и т. п.

Обсуждая драматические последствия загрязнения вод Мирового океана, участники ассамблеи единодушно отмечали необходимость более интенсивных исследований в этом направлении.

В короткой заметке трудно даже перечислить все вопросы, которые рассматривались на симпозиумах ассамблеи. Ассамблея, по существу, явилась третьим Международным океанографическим конгрессом (второй конгресс был в Москве в 1966 г.), на котором были подведены важные итоги международных усилий по изучению природы и ресурсов Мирового океана, намечены многие новые проблемы и пути развития океанологических исследований.

В. Г. КОРТ
доктор географических наук

АНОМАЛЬНАЯ ВОДА В ОБЛАКАХ ВЕНЕРЫ?

Трудности с объяснением состава облаков Венеры заставляют ученых искать все новые и новые возможные вещества, из которых могли бы состоять частицы облачного слоя этой планеты (см. заметку «Ртуть в облаках Венеры?» на стр. 47). Наиболее, казалось бы, простое объяснение, что облака Венеры состоят, как и земные облака, из капелек воды в нижних слоях и кристалликов льда в верхних, наталкивается на ряд затруднений. Так, показатель преломления воды и льда (1,30—1,33) не согласуется с характером изменения поляризации Венеры с углом фазы, подробно изученной Д. Коффином и Т. Герельсом как для Венеры, так и для различных видов частиц на основании теории рассеяния Ми. В инфракрасном спектре Венеры не видно характерных для льда и жидкой воды депрессий на длинах волн 1.4 и 1.9 мкм. Наконец, количество водяного пара, определяемое по полосам H_2O в спектре Венеры, недостаточно для насыщения при температурах, найденных для облачного слоя (235° К и более). Необходимо либо на два порядка большее содержание водяного па-

ра, либо на 60° более низкая температура на уровне облаков, чтобы там могли образоваться ледяные кристаллы.

В то же время до сих пор никто не мог предложить вещество, которое обеспечило бы все наблюдаемые свойства облачного покрова Венеры. Предлагались самые разнообразные соединения: CO_2 , C_2O_2 , NH_4OH , NH_4Cl , $FeCl$, Hg_2Cl_2 и другие, но облака из CO_2 не могут образоваться при столь высоких температурах, а все остальные вещества не найдены спектроскопически, несмотря на самые тщательные поиски.

Внимание астрономов привлекли работы советских физико-химиков Б. Б. Дерягина и Н. Н. Федякина, открывших так называемую аномальную воду*. Эта разновидность воды образуется при некоторых условиях в тонких кварцевых капиллярах за счет испарения, а затем конденсации паров обычной воды. Аномальная вода имеет повышенную плотность (1,4 г/см³),

иной коэффициент преломления (1,48, т. е. как раз такой, как у облаков Венеры), пониженную упругость насыщенного пара (что облегчает ее конденсацию при сравнительно высоких температурах), а главное — ее спектры не содержат полос поглощений у 1.4 и 1.9 мкм.

Гипотеза о том, что облака Венеры могут состоять из аномальной воды, была предложена Ф. Донахо в США («Icarus», 12, 424, 1970) и независимо от него В. А. Бронштэном в СССР («Астрономический циркуляр», 592, 1970). Согласно теоретическим исследованиям, выполненным американскими учеными Л. Алленом и П. Коллином, аномальная вода представляет собой полимер молекул H_2O , которые соединены в «многоэтажные» решетки. Если это так, то возникает вопрос, как аномальная вода появляется на Венере? Оказалось, что кварц, из которого были сделаны капилляры в проведенных экспериментах, играет роль катализатора при образовании полимеров воды, а по мнению некоторых ученых, — даже входит в состав аномальной воды, образуя гель кремневой кислоты. Быть может, мельчайшие кварцевые пылинки играют такую же роль в атмосфере Венеры?

В. А. БРОНШТЭН
кандидат физико-математических наук

* См. «Природа», № 4, 1968 г., стр. 16; «Химия и жизнь», № 5, 1968 г., стр. 15.



ЭКСПЕДИЦИИ

Первое плавание «Персея»

Постройка первенца советского океанографического флота — «Персей» была закончена к лету 1923 г. В июне успешно прошло пробное плавание в Белом море, а 20 августа под прощальные гудки пароходов «Персей» уходил от Соборной пристани Архангельска, взяв курс на север. Проходя мимо судоремонтного завода, «Персей» отсалютовал ему протяжным гудком.

Вот и узкий, глубокий проток Двинской дельты Маймакса — выход в Белое море. А вот, наконец, и Северодвинский плавучий маяк. Он весь оранжево-красный с большим черным шаром на мачте и огромными белыми буквами СД на борту. Высадили лоцмана, прошли бар. Прощай надолго пресная вода; теперь из всех краев на судне потечет морская и только в камбузе из питьевой цистерны — пресная.

В кают-компании перемена обстановки. Вместо белой скатерти — клеенка, поверх нее положена «скрипка» — деревянная решетка с гнездами: тарелки и прочая посуда во время качки не полетят на палубу.

Белое море встретило нас неприветливо. Дул резкий северный ветер, низко неслись рваные клочья серых облаков, барометр грозил штормом. Беломорская волна отвратительна, она короткая, удары ее резки, качка неприятнейшая. Начать испытания приборов и собственной выносливости в Белом море не удалось. Решили укрыться на рейде Трех Островов.

Воспользовавшись этой вынужденной якорной стоянкой, я хочу познакомить читателя с Павлом Ильичем Бурковым — первым капитаном «Персея», поведшим корабль в далекое

плавание. Он был помором, уроженцем острова Мудьюга, а там все жители Бурковы. Седуновы или Копытовы.

Как все поморы, плавал он с детства, пережил в море немало опасностей, характер имел независимый и твердый. Был капитан жестковат в обращении, иногда резок, но умен. И вот маленькое происшествие раскрыло совсем иные черты его характера.



Первый капитан «Персея» Павел Ильич Бурков

Публикуемая ниже статья В. А. Васнецова иллюстрирована рисунками участника первого плавания «Персея» В. М. Голицына. Талантливый советский художник В. М. Голицын (1901—1942 гг.) неоднократно сопровождал и другие экспедиции в моря Арктики, но об этом читайте в следующих номерах нашего журнала.

Однажды глубокой ночью во время стоянки в порту я услышал, что спускают на воду спасательную шлюпку. Случай совершенно необычный и тревожный. Я немедленно оделся и выбежал на палубу. Под кормой «Персея» в шлюпке стоял капитан, прижимая к груди мокрого дрожащего котенка, вцепившегося когтями в его тушку.

— Возьми «утопленника», да отнеси посушиться, — сказал Павел Ильич.

После этого случая я понял, что под суровой внешностью капитана прячется доброе сердце, и с тех пор у нас с Павлом Ильичем на долгие годы установились самые дружеские отношения.

Через сутки мы покинули рейд Трех Островов. «Персею» предстояло выполнить гидрологический разрез от Мурманского берега до кромки льдов по 41 меридиану, подойти, если возможно, к Земле Франца-Иосифа, достичь мыса Желания и спуститься к югу по Новоземельной отмели.

Начали мы работы на маршруте 23 августа в хорошую солнечную погоду. После мутноватой бутыльно-зеленой воды Белого моря приятно было опускать приборы в прозрачную и голубую Атлантику. Станции делали через 30 морских миль. На каждой из них измеряли глубину, температуру воды от поверхности до дна, брали пробы на соленость и проводили гидрохимический анализ, опускали разного назначения планктонные сетки, драгу, трал «Сигсби», иногда оттертрад, брали пробы грунта. Началась регулярная круглосуточная экспедиционная работа. Августовские ночи здесь такие же светлые, как дни. А кругом только море, да небо. Ни земли, ни кораблей в этом, никем не посещаемом районе.

Но вот 30 августа на севере по курсу небо над горизонтом побелело, как говорят моряки, показалось «ледяное зарево» — явный признак близости полярных льдов. Разрез наш подходил к концу. Действительно, вскоре появились причудливой формы, изъеденные водой отдельные льдины. Это был торжественный момент: «Персей», специально построенный для изучения северных морей,

впервые вошел в полярные льды! Постепенно лед становился гуще, стали попадаться более крупные льдины, но еще рыхлые, как это бывает всегда вблизи кромки.

Сделали последнюю станцию 30 августа под $79^{\circ}50'$ с. ш. и $43^{\circ}30'$ в. д. и взяли курс на Кап-Флору (Земля Франца-Иосифа), следуя вдоль кромки льда. Но вот кромка стала уклоняться к югу, и нам пришлось заходить в более сплоченный лед, пробираясь к цели. «Персей» хорошо маневрировал во льдах, медленно приближаясь к Кап-Флоре.

Налибовавшись за целый день сверкающими льдами, я спустился в свою каюту погреться и отдохнуть. Не успел я выкурить и вторую трубочку, как мимо моей двери в каюту начальника быстро прошел наш старший механик Хлопов.

— Иван Илларионович, — услышал я, — у нас осталось угля на три ходовых дня!

На три дня! И это во льдах у самой Земли Франца-Иосифа, вдали от радиостанций, в сотнях миль от обитаемой земли!

Последовало молчание — потом взволнованный голос начальника:

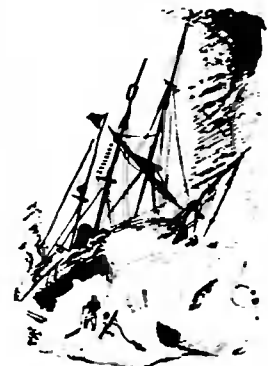
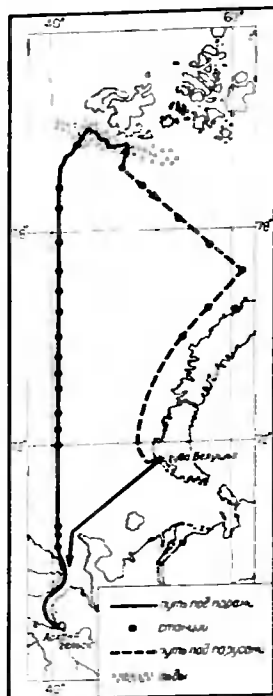
— Так что же вы не знали, сколько у вас угля в бункерах? На что надеялись, залезая в лед?

Расстроенный и обозленный Месяцев спустился в угольный бункер. Осматривать там было нечего. Мне поручили взять самый хороший бинокль, подняться в наблюдательную бочку на мачте и посмотреть сверху, какова ледовая обстановка.

Корабль стоит неподвижно, машина застопорена, чтобы вибрация не мешала смотреть в бинокль; с верхушки мачты «Персей» кажется совсем маленьким, затерянным среди бесконечных льдов.

Я осматрелся. До горизонта — лед и лед... К северо-востоку льды уже более сплоченные, а за ними, как белый мираж, высится Земля Франца-Иосифа, и только в ее южной части что-то темнеет. Это и есть Кап-Флора.

Потом в бочку поднялся капитан, но и его наблюдения были столь же неутешительными. Решили задержаться на месте до утра, чтобы оглядеться еще при хорошей видимо-





сти. Но и утром наше заключение о ледовой обстановке осталось прежним. Хотя лед в направлении берега и казался преодолимым для «Персея», но пробиваться дальше без запаса топлива и продовольствия было безрассудством. Мы могли оказаться в ледовой плену, и гибель всего экипажа была бы неизбежной. С тяжелым сердцем повернули к югу, стараясь поскорее выбраться из льдов*.

На наше счастье подул ветер северных румбов, и на «Персее» подняли все паруса. Так с попутным ветром шли мы примерно до широты пролива Маточкин Шар. Здесь ветер начал стихать и постепенно меняться на юго-западный, т. е. совершенно неблагоприятный: с нашим парусным вооружением лавировать мы не могли.

Надо было искать надежное укрытие. Решили войти в губу Белушью, глубоко врезающуюся в южный остров Новой Земли, где можно было спрятаться от любых штормов. Подгребли уголь «под метелку»; в топку пошло все, что могло гореть, даже пакля, смоченная машинным маслом.

* Достигнутая нами самая северная точка находилась под $80^{\circ}03'$ с. ш. и $46^{\circ}00'$ в. д.

Небольшой, но отважный коллектив участников первой экспедиции на «Персее» в 1923 г. Стоят слева направо: метеоролог А. Н. Носилов, гидрохимик Т. С. Малинина, А. Д. Старостин, А. В. Кузьмин, Б. К. Флеров, Н. И. Zubov. Сидят: П. И. Месяцев, Т. И. Горшкова, В. А. Васнецов, В. К. Солдатов, Л. А. Зенкевич, В. В. Апатов. На северной оконечности океанографического разреза по 41-му меридиану «Персею» превратили путь тяжелые льды. С мачты можно было видеть заманчивые и неисследованные берега Земли Франца-Иосифа. Но ни форсировать льды, ни дожидаться благоприятной ледовой обстановки «Персей» не мог — угля оставалось лишь на три дня (снимок внизу слева).

Новоземельский житель Тыко Вылка в губе Белушьей. Он был в то время единственным грамотным ненцем, незаурядным художником, получившим за участие в походах В. А. Русанова и Г. Я. Седова золотую медаль Российского географического общества (снимок внизу справа)

Подняли пар в котле — ожила машина, снова закрутился винт. Мы вошли в губу Белушью, забрались подальше, укрывшись за островами, и отдали оба якоря. Это было последним проявлением жизнедеятельности нашего корабля. Угасли топки, пар стал быстро садиться, потухло электричество, остыли радиаторы. В жилой палубе стало темно и холодно. Так началась наша полуторамеская стоянка в неприветливой губе Белушьей.

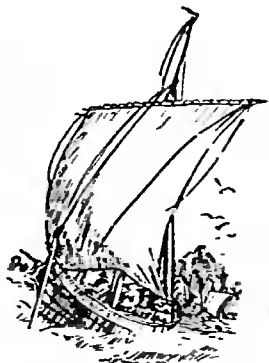
Еще при подходе к берегу мы дали свою последнюю радиограмму, сообщив, куда направляемся. И так случилось, что радист нечетко понял слово Белушья. В следующий сеанс связи он запросил нас повторить радиограмму, но наша радия уже не могла ответить.

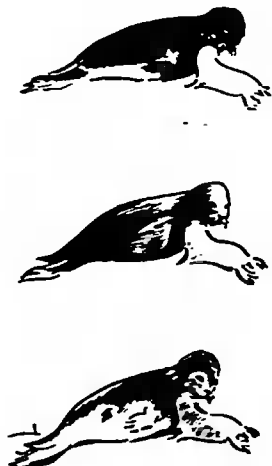
Много дней снова и снова запрашивал нас берег. Включились многие радиостанции, а также корабли, плававшие в Баренцевом море. Все они зывали в эфир: «Персей», отзовись! «Персей», отзовись! А в ответ — только молчание. Конечно, это вызвало тревогу за нашу судьбу, посыпались многочисленные радиограммы: аварийные, служебные, частные. Мы пока еще принимали, но отвечать не могли. Но вот псыякли аккумуляторы, и мы оказались совсем оторванными от мира.

Заброшенные в пустынную Белушью губу, мы, однако, не тосковали от безделья. И. И. Месяцев и Л. А. Зенкевич решили использовать вынужденную стоянку и заняться детальными исследованиями: съемкой береговой черты, промерами глубин, определением грунтов дна и биологическими сборами.

Ежедневно, не взирая на погоду, спускали вельбот и отправлялись па работы до позднего вечера, иногда до темноты, которая наступала теперь все раньше и раньше. Если дул подходящий ветер, ставили парус и шли в глубь бухты. В хорошую погоду делали разрезы в ее открытой, мористой, части. Непременными участниками этих экспедиций бывали А. Д. Старостин — «главный драгмейстер» и я, всегда исполнявший обязанности загребного.

А заполярная осень уже начина-





лась холодными дождями и мокрым снегом. Налетит свирепый ветер с востока, с гор, намокший полутубок покрывается коркой льда и хрустит при движениях. В темноте, в шуме волн, под пронизывающим ветром «Персей», стоявший где-то далеко на якоре, казался нам недостижимым уютным и родным домом. Со второго вельбота под командованием П. И. Буркова или старшего помощника Ивана Николаевича Замяткина занимались описью берегов и промерами. В наших шлюпочных походах иногда принимала участие Татьяна Ивановна Горшкова. Она интересовалась геологией берегов и собирала образцы грунтов дна. Однажды Татьяна Ивановна попросила высадить ее на одном из многочисленных островков, почему-то привлечших ее внимание. Высадили, а сами ушли в отдаленный кут губы. Не помню, по каким причинам мы тогда очень задержались и возвращались обратно совсем затемно, под парусом. Как всегда я сидел за рулем.

— Вот, как будто, и островок, где мы оставили Татьяну Ивановну, нужно убрать парус и пристать к берегу. — сказал я Мясцеву.

— Нет, что вы, это гораздо дальше, — ответил он уверенно.

Я промолчал: в темноте легко можно было и ошибиться. Пошли к следующему островку, покричали, — никто не отзывается! Высадились на берег, покричали все хором. Молчание!

— Должно быть кто-нибудь снял ее с острова, — высказал довольно странное предположение Мясцев. Странное, потому что кто же, кроме нас, мог оказаться в этом пустынном месте? Решили вновь возвратиться к острову, мимо которого мы так лихо прошли под парусом. Но теперь пришлось гребти против ветра на веслах. Снова приблизились к этому островку, и нас окликнула Татьяна Ивановна. Услышав стук весел в уключинах, она подошла к самой воде. Высадилась она днем, без продуктов, без спичек. Стемнело, подул холодный восточный ветер, на голом клочке суши негде было укрыться. Голодная и оочевенная ждала она нашего возвращения, а мы проскольз-

нули мимо и взяли ее только со второго захода. Желанный «Персей» казался ей теперь раем. А островок этот мы называли «Танины слезы».

Шли дни, продукты подходили к концу, в достаточном количестве у нас осталась только ржаная мука да американское сгущенное молоко. Свои запасы мы могли пополнить лишь бочкой свежепросоленного голца. Стало скучным и однообразным наше питание.

Однажды, в конце сентября кто-то увидел над горизонтом дымок парохода. Все выслапши на палубу. Вскоре из-за мыса Лилы показался и пароход. Это было гидрографическое судно «Мурман» (бывший «Андрей Первозванный») под командой начальника Северной гидрографической экспедиции Николая Николаевича Матусевича. Возвращаясь из пролива Маточкин Шар, он получил распоряжение заходить в губы южного острова Новой Земли, чтобы отыскать «Персей». И вот в Белушней состоялась встреча.

Вечером к нам на судно прибыл Матусевич и несколько гидрографов. Плававший на «Персее» в качестве гидролога Николай Николаевич Зубов был старинным другом Матусевича. Мичманами оба участвовали в Цусимской битве. Не виделись они много лет, и вдруг такая неожиданная встреча на Новой Земле, в каюткомпании «Персея» при свете единственной керосиновой лампы... Но этот вечер был и последним, когда собрался вместе весь экспедиционный состав. На следующее утро наши старшие товарищи, давно стремившиеся в Москву, переправились на «Мурман».

Мы снова остались одни продолжать ежедневные походы на шлюпке, промер, драгирование, сбор сухого плавника для отопления камбуза.

Настало время рассказать о некоторых обитателях промыслового становища губы Белушней.

В первый же день, как только мы высадились на берег, я навестил известного на севере «самоеда» Тыко Вилку, или нецца Илью Константиновича Вилку, как его величают теперь. Биография его очень интересна. Известный исследователь Севера

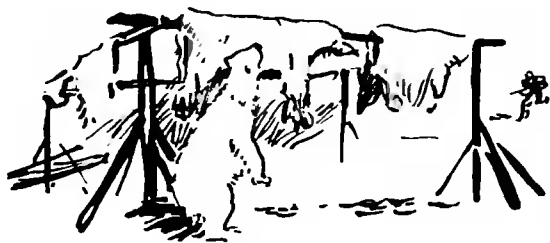


Владимир Александрович Русанов познакомился с Вылкой во время своей Новоземельской экспедиции, в которой принимал участие и Вылка, получивший за помощь в работе экспедиции золотую медаль. Он обратил на себя внимание Русанова любознательностью, сообразительностью, способностью к рисованию, а также удивительной отзывчивостью и добротой. Увидев в этом ненце человека умного и талантливого, Русанов в 1910 г. взял его с собой в Архангельск. В судье Вылки принял живое участие архангельский губернатор И. В. Сосновский, который дал ему деньги на поездку и жизнь в Москве. Здесь Русанов познакомил его с художником В. В. Переплетчиковым, бывавшим на Новой Земле, с А. Е. Архиповым, с моим отцом А. М. Васнецовым и другими художниками.

Они преподавали ему рисунок и живопись и нашли желающих учить Вылку бесплатно русскому языку, географии, арифметике, топографической съемке, препарированию птиц и т. д. Прожил Вылка в Москве зиму 1910/11 г., а весной уехал в Архангельск и самым ранним новоземельским рейсом вернулся домой. Он был первым жителем Новой Земли, побывавшим в Москве. На следующий год Вылка должен был продолжить свое образование. Но судьба Вылки сложилась иначе: на промысле погиб его двоюродный брат, и, по обычаю, принятому у ненцев, Илья женился на вдове и взял на себя заботы о многочисленной семье. Однако рисовать он не перестал.

Вылка был поражен нашей неожиданной встречей в губе Белушьей. Я спросил Вылку, рисует ли он. И он показал мне несколько своих маленьких акварелей.

— Бумаги нет, краски нет, — пожаловался он. Я дал ему немного бумаги и акварельные краски из тех, что нашлись на корабле. Расставался он со мной, как со старым другом, обнял и прослезился, все просил передать поклоны, а мне на прощанье подарил три акварельки и написал письмо отцу. Акварельки я храню до сих пор, а вот письмо, не знаю, уцелело ли...



Стоянка наша затянулась. Погода предвещала приближение зимы, все чаще шел густой снег, все сильнее завывали в снастях холодные ветры. И всех уже тянуло домой.

Уголь и продовольствие на обратный путь мы должны были получить с осенним новоземельским рейсом парохода «Сосновец», который в этом году почему-то очень задерживался.

Но вот 17 октября долгожданный «Сосновец» показался у входа в Белушью. Отдав якорь вблизи «Персея», подтянулся он к нашему борту, и началась погрузка угля в количестве, необходимом только на переход до Архангельска. Углем из первых же поступивших корзин мы развели огонь в котлах. Попрощался я с Ильей Вылкой и остальными друзьями. Вот уже все шлюпки подняты в ростры. После долгого бездействия брашпиль зашипел паром и залязгал звеньями каната, выдергивая из грунта залежавшиеся там якоря. Звякнул машинный телеграф, заработала машина. Покидая свою стоянку и разворачиваясь к выходу в море, «Персей» дал долгий прощальный гудок. Все население становища собралось на берег. В ответ на наш гудок, по северному обычаю, открылась стрельба из ружей. Эхо гудка и салюта долго перекатывалось над пустынными водами.

Прощай, Белушья губа!

Так 23 октября 1923 г. закончилось первое плавание экспедиционного судна «Персей». Много лет прошло с тех пор, но воспоминания о нем сохранились яркими до сегодняшних дней, как будто все это пережито совсем недавно, быть может, только вчера.

В. А. ВАСНЕЦОВ
Фото автора



Великое противостояние Марса 1971 года

29 апреля 1971 года скончался известный советский астроном, академик АН УССР, Герой Социалистического Труда Николай Павлович Барабашов, автор публикуемой ниже статьи. Об этой тяжелой утрате мы узнали, когда номер журнала находился в печати.

Один из ближайших соседей Земли — Марс удален от Солнца в среднем на 228 млн. км и совершает полный оборот вокруг него за 687 суток. Марсианские сутки мало отличаются от земных, они равны 24 часам 37 минутам 23,58 секунды. Примерно через каждые два года и два месяца Марс, Земля и Солнце располагаются почти на прямой линии, причем Марс и Солнце видны с Земли в противоположных направлениях. Такие положения Марса назы-

ваются противостояния-ми.

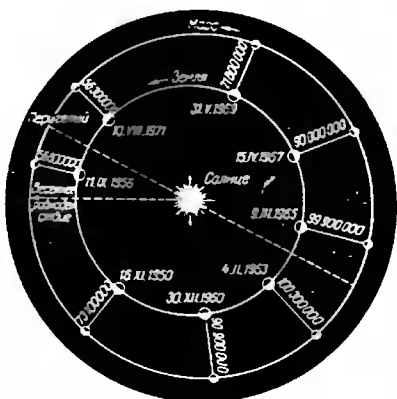
Через каждые 15—17 лет Марс в противостоянии особенно близко подходит к Солнцу, а следовательно, и к Земле. Тогда наступает, как говорят, великое противостояние Марса. В это время Марс и Землю разделяют всего 55—56 млн. км (наибольшее удаление Марса от Земли 380 млн. км). Во время великих противостояний видимый диаметр Марса достигает 25", благодаря чему некоторые детали на поверхности Марса можно рассмотреть даже в небольшие телескопы.

10 августа 1971 г. произойдет великое противостояние Марса. В этот день Марс будет блистать на небе, как яркая красноватая звезда — 2,6 величины. Его видимый диаметр 12 августа достигает наибольшего значения (24",91).

Во время противостояния склонение Марса составит $-22^{\circ}13'$. Следовательно, в верхней кульминации высота планеты над горизонтом будет: в Ленинграде — $7^{\circ}50'$, в Москве — $12^{\circ}02'$, в Харькове — $17^{\circ}47'$, в Душанбе — $29^{\circ}14'$. Таким образом, в городах и поселках, расположенных севернее Харькова, трудно ожидать хороших изображений Марса вблизи противо-

стояния, так как планета будет видна низко над горизонтом. Наиболее благоприятны для наблюдения Марса южные районы Советского Союза: Крым, Кавказ, Средняя Азия. До и после противостояния Марс поднимется несколько выше над горизонтом, однако, видимый диаметр его будет меньше.

Любителям астрономии, живущим в южных районах нашей страны, стоит начать наблюдения Марса за 2—3 месяца до противостояния и продолжать их 2—3 месяца после. Следует иметь в виду, что Марс — очень трудный объект для наблюдений. Чтобы увидеть детали на поверхности и в атмосфере планеты, нужна длительная тренировка, так как человек, впервые смотрящий на Марс, обычно не может их различить. Взглянув первый раз на Марс даже в сравнительно мощный телескоп, большинство любителей испытывают разочарование: ничего, кроме маленького светлого красноватого кружочка, они не видят. Лишь после нескольких наблюдений планеты они начинают замечать на его диске все больше и больше подробностей — светлые и темные пятна и много других деталей. Очень полезно перед наблюдениями дать возможность глазу привыкнуть к



Схематическое изображение орбит Земли и Марса. Указаны положения планет в моменты противостояний с 1956 по 1971 г. и соответствующие расстояния (в километрах) между планетами

темноте, а во время наблюдений защищать его от постороннего света.

Если смотреть на Марс в телескоп с 72-кратным увеличением, то планета во время великого противостояния кажется нам такого же диаметра, как Луна, наблюдаемая невооруженным глазом. Планета похожа на диск желтовато-оранжевого цвета. Только у полюсов можно заметить светлые полярные шапки. Чаще всего видна южная полярная шапка, и вообще вся южная полусфера Марса гораздо доступнее для наблюдений, поскольку северная повернута к нам, лишь когда Марс находится далеко от Земли.

Несмотря на то, что и в мощные инструменты можно заметить одновременно немного деталей на Марсе (для специальных исследований необходим телескоп с диаметром не менее 200 мм), все же не следует упускать время хорошей видимости этой планеты даже в том случае, если наблюдатель имеет в своем распоряжении трубу с диаметром объектива 50 мм и увеличением в 50 раз. В нее сквозь прозрачную и спокойную атмосферу Земли можно увидеть на маленьком диске Марса полярные шапки. В трубу диаметром 75 мм, увеличивающую в 100—180 раз, автор наблюдал не только моря, озера и оазисы Марса, но и самые крупные каналы и следил за уменьшением полярной шапки. При диаметре объектива или зеркала около 100 мм и увеличении в 200—250 раз можно заметить изменения на поверхности планеты, наблюдать появление и исчезновение облачных образований и пылевых бурь.

Автор показал, что утренние туманы, облачные образования и помутнения в атмосфере Марса изменяют как распределение яркости на диске планеты, так и ее интегральную звездную величину. Без учета этих изме-



Рисунки Марса, сделанные во время великого противостояния 1956 года членами экспедиции ВАГО В. А. Бронштэном (слева) и И. Д. Новиковым (справа). Планета наблюдалась в 30-сантиметровый рефрактор Волгоградского планетария

нений нельзя сделать правильных выводов при обработке спектрограмм Марса, поляризационных и других наблюдений. Вот почему важны визуальные (и в том числе любительские) наблюдения Марса.

Визуальные наблюдения будут особенно интересными и ценными, если применять красный, оранжевый, желтый, зеленый, синий и фиолетовый светофильтры, а при фотографировании — ультрафиолетовый. Напомним, что через красный светофильтр особенно четко видны темные детали поверхности Марса и полярные шапки. Через синий и фиолетовый фильтры хорошо наблюдаются атмосферные образования — туманы и облака над полярными областями планеты; утренние и вечерние туманы на краях диска; круглые и овальные светлые пятна, иногда выступающие за край диска; светлые точки и пятнышки, переносимые с места на место ветрами.

Чрезвычайно важно отметить, насколько отчетливо видны детали поверхности планеты через синий и фиолетовый фильтры. Возможно, тогда удастся

обнаружить прояснения голубой дымки, часто скрывающей от земного наблюдателя детали поверхности Марса. Как известно, голубая дымка почти всегда наблюдается с Земли, однако, ее не нашли на снимках Марса, полученных американскими космическими аппаратами.

Рисунки Марса советуем делать в специальном журнале наблюдений, где записываются дата и время наблюдений (по декретному времени с точностью до минуты), название инструмента, диаметр объектива или зеркала, увеличение, качество изображений. Каждый рисунок нужно сопровождать описанием видимых деталей и их характеристикой. Если наблюдения ведутся через светофильтры, то необходимо подробно записывать, как изменяется вид планеты при переходе от одного светофильтра к другому.

Фотографировать Марс можно лишь на обсерваториях, где есть достаточно мощные телескопы с часовыми механизмами. Во время противостояния Марса 1956 года неплохие сним-



Синий фильтр



Желтый фильтр



Зеленый фильтр



Красный фильтр

Фотографии Марса, полученные во время великого противостояния 1956 года (30 августа). Снимки сделаны на 30-сантиметровом рефракторе Волгоградского планетария членами экспедиции ВАГО

ки получили любители на обсерватории Волгоградского планетария и некоторых других.

Чтобы изучить, как изменяется интегральный блеск Марса, полезно с короткофокусными светосильными камерами получить на одной и той же пластинке в течение нескольких ночей серию внефокальных снимков Марса. Если на ту же пластинку сфотографировать ближайшую к Марсу яркую звезду, удастся исключить влияние земной атмосферы. При фотографировании камеру можно оставить неподвижной, а неэкспонированную часть пластинки нужно закрывать черной бума-

гой, чтобы избавиться от фона свечения ночного неба. На пластинку следует нанести шкалу почернений с помощью фотометрического клина или грубого фотометра.

Если в распоряжении любителя имеется фотометр, привинчивающийся к телескопу, поляриметр или спектрограф, то программа наблюдений Марса значительно расширится.

Более подробные сведения о методике и результатах наблюдений Марса интересующиеся найдут в рекомендуемой литературе.

Н. П. БАРАБАШОВ
академик АН УССР

ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ МАРСА

1. Н. П. Барабашов. Инструкция для наблюдений Марса. Изд-во АН СССР, М., 1956.
2. Н. П. Барабашов. Природа небесных тел и их наблюдение. Изд-во Харьковского университета, Харьков, 1969.
3. Атлас рисунков Марса. Составитель В. А. Бронштэн. Изд-во АН СССР, М., 1961.
4. В. А. Бронштэн. Планеты и их наблюдение. Гостехиздат, М., 1957.
5. В. А. Бронштэн. Инструкция для наблюдений планет. Изд-во АН СССР, М., 1961.



ЕЩЕ ОДИН ВУЛКАН НА ДНЕ СРЕДИЗЕМНОГО МОРЯ

Вблизи Неаполя, в заливе Поццуоли активизируется подводный вулкан: ложе моря за несколько месяцев поднялось на 30 см, наблюдаются выбросы газов, зафиксированы движения земной коры («брадсейсм»).

Итальянский совет научных исследований направил к месту зарождения вулкана научно-исследовательское судно «Рут Энн». На борту «Рут Энн» — геохимическая

лаборатория, приборы для бурения, взятия проб воды и колонок грунта, аппаратура для замеров теплового потока и гравиметры. В районе оживающего вулкана осуществлена подводная гравиметрическая съемка (35 станций), ведутся регулярные замеры температуры воды и химический анализ. Отмечено необычно высокое содержание в воде аммиака.

Установлено, что залив Поццуо-

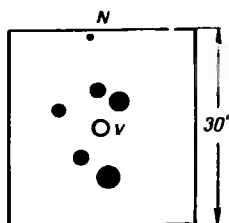
ли — не что иное как кратер давно потухшего вулкана. Береговая линия залива будто вычерчена циркулем, настолько она близка к дуге окружности, а окрестные скалы сложены вулканическими породами — шлаками и пирокластами.

Предстоящее извержение вряд ли будет опасным, так как его предвестники — движения земной коры — легко поддаются регистрации. Однако 70 000 жителей прилегающего района эвакуировано.

«Ocean Industry», 5, 8, 1970.

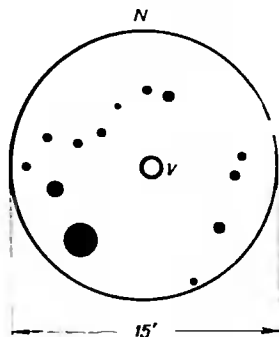
Страничка наблюдателя переменных звезд

V 784 Змееносца



Координаты звезды: $\alpha = 17^h 33^m 01^s$; $\delta = +07^\circ 47' 2''$ (эпоха 1950.0). В 1935 г. К. Хоффмейстер (Германия) обнаружил быстрые колебания блеска звезды в пределах $11^m - 12^m 5$. Не исключено, что переменная принадлежит к типу звезд RR Лир. Длительные наблюдения этой переменной позволили бы получить графики изменения блеска и период. Звезды сравнения наблюдатель должен выбрать сам среди окрестных звезд, а обработку наблюдений проводить в степенной шкале («Земля и Вселенная», № 1, 1969 г., стр. 86).

V 855 Змееносца



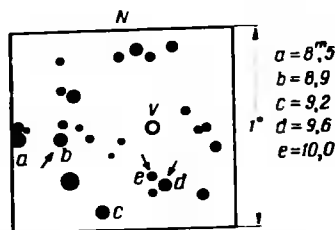
Координаты звезды: $\alpha = 16^h 57^m 25^s$; $\delta = +04^\circ 33' 4''$ (эпоха 1950.0). Переменность блеска звезды открыл О. Моргенрот (Германия) в 1933 г. Он считает ее переменной типа Миры Кита. Блеск звезды изменяется от $10^m 4$ до $15^m 5$. Наблюдать эту переменную легче около максимума блеска, пока она достаточно ярка. Период определяется по моментам максимума. Выбор звезд сравнения предоставляется наблюдателю.

V 393 ЛЕБЕДЯ и V 1068 ЛЕБЕДЯ — ЗАТМЕННЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ

Эти переменные звезды — двойные системы. Плоскость орбиты компонентов близка к лучу зрения наблюдателя, поэтому при орбитальном движении компоненты (или один из них) периодически затмевают друг друга. Наблюдатель отмечает изменение видимого суммарного блеска системы, период которого совпадает с периодом обращения компонентов по орбите. Амплитуда изменения блеска может достигать нескольких звездных величин, а период — 0,2 суток и больше.

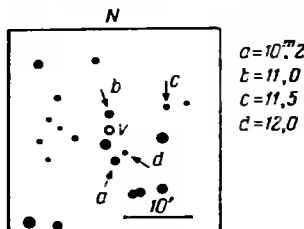
V 393 Лебедя

Координаты звезды: $\alpha = 19^h 57^m 09^s$; $\delta = +43^\circ 09' 5''$ (эпоха 1950.0). Переменность ее блеска обнаружил в 1935 г. О. Моргенрот. Позднее В. Сазонов по пластинкам, полученным в 1935—1957 гг., под-



твердил колебания блеска звезды в пределах $8^m 8 - 9^m 7$. Возможно, период изменения блеска равен двум дням или меньше.

V 1068 Лебедя



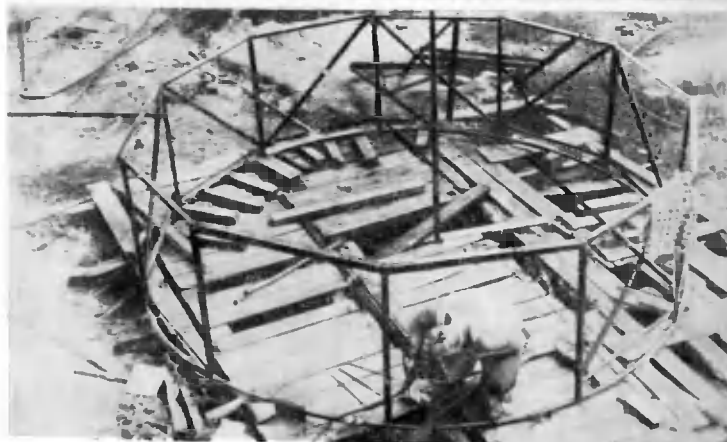
Координаты звезды: $\alpha = 21^h 18^m 39^s$; $\delta = +42^\circ 03' 5''$ (эпоха 1950.0). Р. Вебер (Франция), изучая фотопластинки с изображением этой звезды, установил, что блеск ее изменяется от $10^m 7$ до $11^m 8$. Затем В. Штротмайер (ГДР) подтвердил колебания блеска звезды и определил их период — 0,517 588 суток. В дальнейшем оказалось, что период найден неверно. Необходимо продолжить наблюдения звезды, чтобы определить период и получить графики изменения блеска.

Н. Б. ПЕРОВА

Юные любители астрономии Новосибирска

В конце 1961 г. в Новосибирске при Областной станции юных техников была организована астрономическая лаборатория. Очень скоро в лаборатории появился школьный рефрактор, а затем и геодезические приборы — теодолиты, нивелиры и т. д. С февраля 1962 г. начали работать кружки юных астрономов. Ребята учились наблюдать метеоры, переменные звезды, Солнце, серебристые облака, фотографировать звездное небо, Солнце и Луну. В школах они выступали с сообщениями и небольшими докладами по астрономии и космонавтике. Тогда же началось и строительство обсерватории.

Мечта о собственной обсерватории зародилась у ребят после того, как они узнали, что в селе Новая Прага и в Симферополе школьники создали обсерватории. Кружковцы с энтузиазмом обсуждали варианты будущей обсерватории и, наконец, выбрали проект, предложенный любителем астрономии, сотрудником Новосибирской студии



Так выглядело здание обсерватории при новосибирской Областной станции юных техников зимой 1963 г. (фото сверху). А летом 1962 г. на месте будущей обсерватории кипела работа. Ребята сами возводили стены здания (фото в центре), сами строили купол для башен. Главным электросварщиком был Александр Голендузин (фото внизу)

телевидения Л. Л. Сикоруком. Во дворе Станции юных техников решили построить одноэтажное кирпичное здание с двумя башнями. Внутри здания были запланированы комната для занятий, фотолaborатория, механическая мастерская. Дирекция Станции юных техников отпустила средства на строительство, но поставила условие: все строительные работы должны выполнить кружковцы.

В первых числах июня 1962 г. строительство обсерватории было в полном разгаре. Вместе с юными астрономами трудились ученики 6—7 классов 91-й и 41-й школ, которые проходили на строительстве летнюю производственную практику. Ребята сами готовили раствор, возводили стены из кирпича, копали траншеи для труб водяного отопления. За двадцать дней здание поднялось выше оконных проемов. С 20 июня и до осени обсерваторию строили только кружковцы — Владислав Макаридин, Александр Голендухин, Ольга Лернер, Юрий Ворошилов и другие. Это были

замечательные дни, полные романтики создания, романтики коллективного труда, мечтой о своей обсерватории. Энтузиазм юных строителей был велик. Ребята хотели закончить строительство здания до осени, поэтому трудились каждый день с 10 утра до 7 часов вечера. И вот 5 ноября 1962 г. состоялось открытие первой в Сибири детской астрономической обсерватории.

В обсерватории началась регулярная работа. Ребята занимались в кружках: астрономическом, телескопостроения, оптическом. Юные оптики делали зеркала для телескопов, а телескопостроители изготовили два телескопа — 170-миллиметровый рефлектор на вилочной установке и 130-миллиметровый рефрактор. Эти инструменты были установлены в башнях, купола для которых построили сами ребята. Проводили кружковцы и астрономические наблюдения. Борис Ласкин, Сергей Михайленко и Олег Лысков наблюдали серебристые облака; на Новосибирской станции на-



Вышка для наблюдения серебристых облаков. В ее строительстве принимали участие и члены обсерватории Клуба юных техников

блюдения искусственных спутников Земли Элеонора Петрова и Наталия Вилляк следили за полетами спутников; в Академгородке Светлана Коновалова и Зинаида Левоненко исследовали прозрачность земной атмосферы.



Виктор Попов у 130-миллиметрового телескопа обсерватории Областной станции юных техников (слева). Юрий Федоров готовит к наблюдению самый крупный 20-сантиметровый рефрактор обсерватории Клуба юных техников (справа)



Летний лагерь «Юный астроном-67» (сверху вниз): участники лагеря — школьники Сибири и Дальнего Востока; на занятиях группы наблюдателей переменных звезд. В центре — один из руководителей группы Виктор Эрлих; на лекции члена-корреспондента АН СССР А. А. Ляпунова «Кибернетика и вычислительная техника в астрономии». На переднем плане — Екатерина Кляюкина, руководитель астрономического кружка поселка Николаевка Хабаровского края



С весны 1965 г. центр любительской астрономии Новосибирска переместился в Академгородок. Ученые передали Клубу юных техников Сибирского отделения АН СССР астрономический павильон, телескоп АЗТ-7 и небольшой цейссовский рефрактор.

За шесть прошедших лет обсерватория Клуба юных техников приобрела разнообразные астрономические приборы. Здесь создана астрофизическая лаборатория, в которой есть микрофотометры, сенситометр, спектропроектор и другое оборудование. Ребята уже не ограничиваются визуальными наблюдениями или простым фотографированием небесных тел и явлений. Они ведут фотометрические и спектрофотометрические исследования. Результаты некоторых наблюдений, выполненных на обсерватории, опубликованы в журнале «Астрономический вестник»*. Развиваются на обсерватории и электрофотометрические исследования. Отлажен электрофотометр для видимой области спектра. Сделали ребята и стабилизированный источник питания для электронно-оптических преобразователей, и полуавтомат для измерения следов звезд на фотопластинке, и прибор для покадровой съемки серебристых облаков. Геннадий Тухачев и Владимир Голомолзин заканчивают изготовление лабораторного монохроматора.

Почти каждый год памятен кружковцам каким-либо событием.

* С. С. Войнов, Е. И. Малков. Патрулирование серебристых облаков в Новосибирске в 1963 — 1967 гг. «Астрономический вестник», III, 1, 1969 г.; А. Д. Белкин, С. С. Войнов, Ю. М. Федоров. Предварительные результаты фотографических наблюдений неустойчивости земной атмосферы в пункте Новосибирск — Академгородок в 1965 — 1966 гг. «Астрономический вестник», III, 3, 1969 г.

Учителя средних школ — участники астрономического семинара — знакомятся на обсерватории с методикой наблюдений Солнца



1966 год — летний лагерь любителей астрономии ряда городов Сибири.

1967 год — летний лагерь юных астрономов Сибири и Дальнего Востока. «Внимание всем! Объявляется расписание на 17 июля. После завтрака с 10 до 13 часов в аудитории

№ 203 университета состоится лекция С. С. Войнова «Природа планет солнечной системы». В 20 часов у штабной палатки выступает кандидат физико-математических наук В. К. Журавлев с лекцией «Проблема Тунгусского явления». С 23 часов — ночные наблюдения». По-

16
14

Приглашаем на диспут

БЫЛ ЛИ ПОТОП?

ПРИДЛ. ДОКАЖИ ИЛИ ОПОВЕРГНИ:

ЧТО ИМПЕРСКАЯ АСТРОНОМИЯ О ПОТОПЕ ВЕРНА, ЧТО АТЛАНТИДА СУЩЕСТВОВАЛА, ЧТО 14 ТЫС. ЛЕТ НАЗАД НА ЗЕМЛЕ ПРОИЗОШЛА КАТАСТРОФА ГЛОБАЛЬНОГО ПОРЯДКА

Диспут состоится — 22.45, 108 Отделение «Юных техников» — 200 Ленинский пр. 100

Одна из афиш, приглашающая на диспут в обсерваторию Клуба юных техников



добные сообщения раздавались на площадке астрономической обсерватории Клуба юных техников каждое утро в течение 24 дней, пока в Академгородке жили 50 школьников из Барнаула, Бодайбо, Владивостока, Иркутска, Красноярска, Магадана, Омска, Петропавловска-Камчатке, Хабаровска, а также Ашхабада, Симферополя и Уфы.

Ребята не только слушали лекции. Они учились пользоваться звездными картами и атласами, работать с телескопами. Все участники лагеря были объединены в группы «метеорщиков», «переменщиков», «солнечников» и т. д. Более подготовленные школьники из Уфы, Хабаровска и Симферополя занимались с основами спектрофотометрии. Руководителями групп были сами ребята. Так, занятия с группой «метеорщиков» вели С. Жительзейф и А. Кулаков (Симферополь), с группой «переменщиков» —

Летом 1970 г. в гостях у юных астрономов Новосибирска побывали академик М. А. Лаврентьев (четвертый слева), американский космонавт Н. Армстронг (крайний справа) и советские космонавты Г. Т. Береговой (второй справа) и К. П. Феоктистов (пятый справа)

В. Заболотный (Хабаровск) и В. Эрлих (Барнаул), с группой «солнечников» — П. Папушев и Ю. Палков (Новосибирск). Если судить по анкетам, которые ребята заполняли перед отъездом домой, все они остались очень довольны лагерем.

1968 год — в обсерватории снова гости — любители астрономии Кемерово, Омска, Хабаровска. Затем поездка в Баку к коллегам и друзьям из бакинского Дворца пионеров и школьников.

1969 год — I Всесоюзный слет юных астрономов* и первое в жизни всех кружковцев полное

затмение Солнца. Экспедиция обсерватории наблюдала его в Шадринске*.

1970 год — семинар по астрономии учителей средних школ Сибири и Дальнего Востока. В течение месяца 24 учителя физики слушали лекции по астрономии, приобретали навыки работы с телескопом, занимались с организацией любительских астрономических наблюдений. Для чтения лекций были приглашены астрономы-профессионалы из нескольких обсерваторий страны. Практические и лабораторные занятия проводились на обсерватории

* В. А. Бронштейн. Первый слет юных любителей астрономии. «Земля и Вселенная», № 2, 1970 г. (Прим. ред.)

* Фотография короны во время затмения опубликована в «Земля и Вселенная», № 3, 1969 г., стр. 88. (Прим. ред.)

Клуба юных техников Сибирского отделения АН СССР. Воспитанники обсерватории, ныне студенты Новосибирского государственного университета, Новосибирского института инженеров геодезии, картографии и аэрофотосъемки и других вузов, познакомили учителей с методикой наблюдения различных небесных объектов и явлений.

Летние сборы юных астрономов укрепили контакты обсерватории с кружками любителей астрономии городов, поселков, сел Сибири и Дальнего Востока. При создании астрономического кружка, естественно, возникает много проблем. Что и как наб-

людать? Где достать литературу, инструменты? Обсерватория Клуба юных техников оказывает помощь этим кружкам, высылая литературу и инструменты для наблюдений, выпуская бюллетень «Юный астроном», информационные листки, плакаты.

Для школьников Академгородка и Новосибирска обсерватория устраивает экскурсии, показ звездного неба в телескопы, лекции, встречи с учеными, диспуты. Интересно и оживленно прошли диспуты о «звездных пришельцах», об Атлантиде, о жизни во Вселенной. Красочные объявления, приглаши-

тельные билеты привлекают внимание к диспутам.

У ребят, занимающихся в обсерватории Клуба юных техников, грандиозные планы. Они собираются строить 500-миллиметровый рефлектор и новую обсерваторию, в которой будет планетарий, учебные и лабораторные помещения. Впереди — новые диспуты, новые наблюдения, новые встречи.

С. С. ВОЙНОВ
заведующий астрономической
обсерваторией Клуба
юных техников Сибирского
отделения АН СССР

СЕМИНАР ЛЕКТОРОВ В ЯРОСЛАВЛЕ

В начале января 1971 г. более 130 лекторов-пропагандистов естественно-научных знаний собрались в Ярославле на первый семинар. Он был организован обществом «Знание» и Ярославским планетарием. В работе семинара участвовали: старейший лектор планетария Н. А. Шестаков, прочитавший за 25 лет 2310 лекций; лектор Большесельского района Ярославской области, учитель физики Вареговской средней школы А. М. Соловьев; заслуженный учитель РСФСР, директор Курбской средней школы Н. В. Галкина и другие, за плечами которых долгие годы пропагандистской деятельности.

Участники семинара прослушали доклады доцента В. С. Зенчук «Ленинская идея неисчерпаемости материи и современные взгляды на строение вещества», кандидата педагогических наук Е. П. Левитана «Новые открытия в астрофизике»,

доцента Б. А. Волинского «Современные представления о строении Вселенной», старшего преподавателя Ярославского педагогического института Г. И. Малаховой «Исследование Луны и планет космическими летательными аппаратами», кандидата географических наук В. Л. Рохмистрова «Проблема воды на земном шаре».

Во время семинара работали две секции — физико-астрономическая и географическая. На заседании физико-астрономической секции с докладами выступили методист областного института усовершенствования учителей В. А. Евтеева («Методика наложения вопросов невесомости и перегрузки в научно-популярных лекциях») и лектор Ярославского планетария И. А. Стамейкина («Методика подготовки и чтения лекции «Человек, космос, бог»). На географической секции состоялись доклады кандидата географических наук Б. Д. Московского «Охрана природных богатств Ярославского края» и лектора планетария В. И. Дотловой «Мировой океан и его богатства».

К работе семинара была приурочена читательская конференция журнала «Земля и Вселенная». Ответственный секретарь журнала Е. П. Левитан в своем выступлении отметил полезные для лектора материалы по астрономии, геофизике и исследованию космического пространства, опубликованные на страницах журнала. Он рассказал о творческих планах редакции и о том, что увидят читатели в новых номерах журнала.

Постоянные читатели журнала — директор средней школы № 26 Рыбинска К. К. Иванов, лектор планетария Г. И. Кудымова, студент педагогического института имени К. Д. Ушинского А. Огнев и другие выступавшие говорили о том, что журналом «Земля и Вселенная» интересуются не только преподаватели школ, техникумов, вузов, юные любители астрономии, но и все, кто хочет расширить и углубить свои знания в области естественных наук.

И. А. СТАМЕЙКИНА

«МЕХАНИКА КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА В ЭЛЕМЕНТАРНОМ ИЗЛОЖЕНИИ»

Книга В. И. Левантовского «Механика космического полета в элементарном изложении» (Наука, М., 1970 г.) знакомит читателя с основами общей теории космических полетов. Автор предназначил свою книгу для учащихся старших классов физико-математических школ, студентов, учителей физики, научных и инженерно-технических работников, не являющихся специалистами в области механики космического полета. Рассчитывая именно на этот круг читателей, автор стремился не выходить за рамки элементарной «школьной» математики. Но это отнюдь не означает, что читатель остается безучастным зрителем: способ подачи материала и подбор таблиц позволяют не только самостоятельно подсчитать, например, продолжительность полета к Луне или Венере, но и понять трудности выбора траектории для возвращения космического корабля с окололунной орбиты или тонкости полета к планетам юпитеровой группы.

Автор отмечает, что в освоении космического пространства можно выделить три основные проблемы: околоземные полеты и создание искусственных спутников Земли различного назначения; полеты к Луне, полеты к планетам солнечной системы. Построение книги строго соответствует этим последовательным этапам.

В первых двух частях излагаются общие вопросы космодинамики и проблемы механики околоземных

полетов; они носят наиболее теоретический характер, больше насыщены формулами и отражают как бы теоретический фундамент для всего дальнейшего изложения. В третьей части рассмотрены полеты к Луне и перспективы освоения Луны в ближайшем будущем, четвертая часть рассказывает о межпланетных полетах; в последней, пятой части, кратко изложены проблемы межзвездных полетов.

В послесловии автор еще раз подчеркивает ведущую роль космодинамики в организации космических полетов: ведь именно космодинамике принадлежит решение вопроса, возможен ли конкретный эксперимент при данном уровне развития двигательных систем или же энергетические расходы слишком велики и планировать полет нет смысла.

Резюмируя, можно сказать, что автор ставил перед собой цель помочь читателю понять те принципы, которыми руководствуются специалисты при проектировании космических траекторий, дать возможность оценить трудности выполнения тех или иных операций и приучить к самостоятельным (хотя бы несложным) расчетам.

С поставленной задачей автор справился успешно. На наш взгляд, этому помогли два обстоятельства. Во-первых, четко выраженный прикладной, «инженерный» подход к излагаемым вопросам. Например, формулируется конкретное задание — полет к Юпитеру. Какую скорость нуж-



но придать космическому аппарату? Какие из существующих (в крайнем случае, разрабатываемых) ракетных систем следует применить для этой цели? Какова продолжительность полета? Потребуется ли коррекция траектории? На все эти вопросы читатель получает четкие ответы. Составленные автором таблицы дают читателю наглядный алгоритм, и при желании каждый может попробовать свои силы в проведении аналогичных расчетов, памятуя слова великого Ньютона о том, что «при изучении наук задачи полезнее правил». Во-

вторых, автор, ведя изложение достаточно строго, обращается больше к логике мышления, чем к интуиции читателя. Недаром в книге тщательно рассматриваются многочисленные парадоксы космодинамики, подобные опирающемуся на «здравый смысл» рассуждению, что «легче достигнуть Солнца, чем Плутона — самой далекой планеты солнечной системы». Академик Л. И. Мандельштам, оценивая роль парадоксов в преподавании, отметил в своих лекциях по оптике, что «есть две степени понимания. Первая, когда вы изучили какой-либо вопрос и как будто знаете все, что нужно, но вы еще не можете самостоятельно ответить на новый вопрос, относящийся к изучаемой области. И вторая степень понимания, когда появляется общая картина, ясное понимание всех связей... Разбор парадоксов очень полезен для достижения такого понимания». Широкое использование этого приема в книге, несомненно, улучшило ее: книга приобрела большую педагогическую ценность.

Однако избранный «прикладной» подход иногда ограничивает изложение. Например, справедливо отмечая основополагающую роль трудов К. Э. Циолковского для развития космонавтики, автор не упоминает о более общей проблеме — динамике тел с переменной массой и оставляет в стороне труды И. В. Мещерского, заложившего основы этой отрасли механики. Тот же подход сказался и в последней части книги. Стремление автора дать конкретные технические разработки, как нам представляется, помешало дать четкую картину принципиальных трудностей межзвездного полета.

Разумеется, эти замечания несколько не меняют высокой оценки рецензируемой книги. Остается лишь пожелать, чтобы читатели не только внимательно прочли ее, но и попытались самостоятельно рассчитать два — три полета и, тем самым, ощутить величие возможностей космодинамики.

Л. В. САМСОНЕНКО

НОВЫЕ КНИГИ

ВВЕДЕНИЕ В РАДИОГЕОЛОГИЮ

В 1970 г. издательство «Наука» выпустило в свет книгу Г. В. Войткевича «Радиоактивность в истории Земли». Книга посвящена новой ветви геологической науки — радиогеологии, или ядерной геологии, тесно связанной с ядерной физикой и радиохимией. Еще в 1935 г. академик В. И. Вернадский писал: «Сейчас можно и нужно говорить о новой создающейся науке — о радиогеологии — науке о радиоактивных свойствах нашей планеты, о происходящих в ней, ей свойст-

венных радиоактивных явлениях». Радиоактивность имеет значение для многих процессов в жизни нашей планеты, велика ее роль и в установлении геологической хронологии.

Книга, адресованная широкому кругу читателей, рассказывает о радиоактивности элементов, входящих в состав Земли, Луны, метеоритов; о методах ядерной хронологии, о роли радиоактивности в тепловой истории Земли.

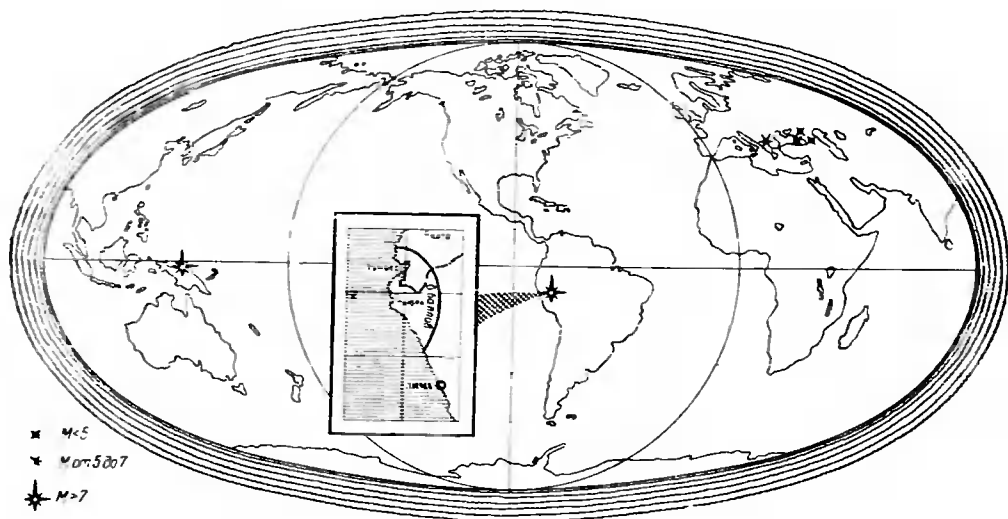
НОВЫЕ НАГЛЯДНЫЕ ПОСОБИЯ

ТАБЛИЦЫ ПО АСТРОНОМИИ

В конце 1970 г. издательство «Просвещение» выпустило в свет серию наглядных таблиц по астрономии. В серию включены 19 цветных таблиц: «Телескопы», «Радиоастрономия», «Астрофизические методы наблюдений», «Некоторые практические применения астрономии», «Солнечные и лунные затмения», «Солнечная система», «Планеты», «Земля в космосе», «Луна», «Кометы и метеоры», «Космические полеты вокруг Земли», «Космические полеты к Луне и планетам», «Солнце», «Строение Солнца», «Солнечная активность и ее

земные проявления», «Звезды», «Закономерности в мире звезд», «Наша Галактика», «Галактики». Рисунки, чертежи, фотографии, воспроизведенные на таблицах, разъясняют многие вопросы курса астрономии. Таблицы изданы как пособие для преподавания астрономии в средней школе. Но они могут оказаться полезными и преподавателям высших учебных заведений, читающих курс общей астрономии, а также многочисленным лекторам, выступающим с научно-популярными лекциями по астрономии и космонавтике.

ХРОНИКА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ (ДЕКАБРЬ 1970 — ФЕВРАЛЬ 1971 г.)



10 декабря 04 час. 34 мин. 00 сек.;
3°9 ю. ш.; 81°4 з. д.;
 $M = 7.5$.

У тихоокеанского побережья
вблизи границы Эквадора и Перу
произошло сильное землетрясение,
примерная сила которого в эпицентре
8—9 баллов. Эпицентр землетрясения
находился в 450 км к юго-
западу от столицы Эквадора Кито.
Ис предварительным данным, в Перу
и Эквадоре погибло 70 человек,
сотни раненых. Несколько тысяч
жителей остались без крова. Осо-
бенно сильно пострадали перуан-
ские города на тихоокеанском по-
бережье и департамент Пьюра.
В некоторых населенных пунктах
разрушено до 80% зданий.

23 декабря 17 час. 31 мин. 25 сек.;
38°8 с. ш.; 48°5 в. д.;
 $h = 20$ км.

Долина реки Куры. Эпицентр
этого землетрясения находился в
40 км от Ленкорани. В Ленкорани
оно ощущалось силой 5 баллов. Жи-
тели проснулись от подземного
толчка. Повреждений нет.

28 декабря 01 час. 56 мин. 54 сек.;
41°4 с. ш.; 41°1 в. д.;
 $M = 4.5$.

Грузинская ССР, Джавахетское
нагорье. Эпицентр землетрясения
находился на расстоянии 75 км от
Тбилиси. В Тбилиси землетрясение
ощущалось силой до 4 баллов, в
Джанисе — до 5.

10 января 07 час. 17 мин. 04 сек.;
4°0 ю. ш.; 141°5 в. д.; $h = 140$ км;
 $M = 7.5-7.8$.

Район острова Гвинея. Сильное
землетрясение. Сообщения о по-
следствиях не поступали.

26 января 22 час. 48 мин. 37 сек.;
44°0 с. ш.; 39°4 в. д.;
 $M = 4-4.5$.

Сочи. Повторный толчок земле-
трясения 4 декабря 1970 г. Эпицентр
находился в районе Лоо, в 30 км
к северу от Сочи. В городе земле-
трясение ощущалось силой до 5
баллов. Толчки сопровождалась под-
земным гулом. Аппаратура станции
регистривала колебания почвы в
течение нескольких минут. Повреж-
дений в районе не было.

4 февраля;

41°58 с. ш.; 21°26 в. д.
Скопье (Югославия). Сила зем-
летрясения 6 баллов. Серьезных по-
вреждений нет.

Л. А. МОСКАЛЕВА



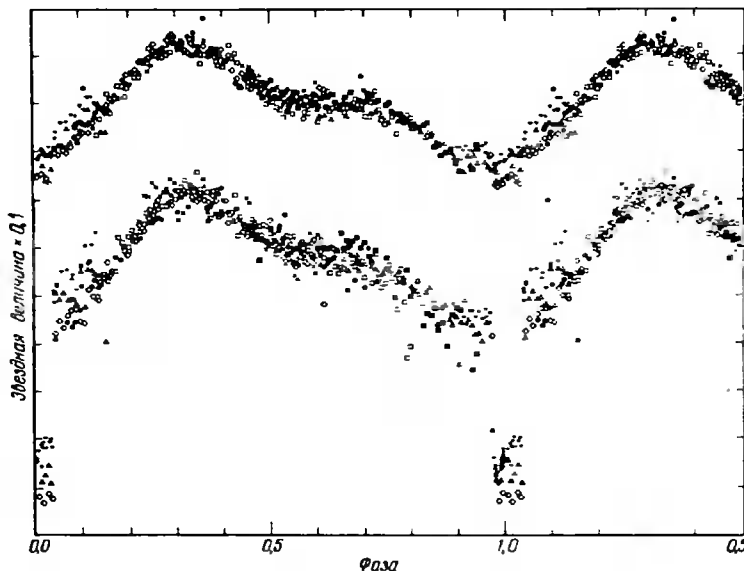
БЕЛЫЙ КАРЛИК В ДВОЙНОЙ СИСТЕМЕ ЗВЕЗД

С 19 декабря 1969 г. по 14 января 1970 г. американские астрономы А. Янг и Б. Нельсон наблюдали в созвездии Тельца звезду 10-й величины, обозначенную в каталоге «Боннского обозрения неба» как BD + 16°516. На 40-сантиметровом телескопе с электрофотометром они измеряли блеск этой звезды в желтых, синих и ультрафиолетовых лучах. Оказалось, что блеск меняется с периодом 0,521180 суток.

Самое поразительное ожидало исследователей, когда они сравнили кривые блеска звезды в желтых и ультрафиолетовых лучах. Кривая блеска в желтых лучах напоминает кривую блеска пульсирующих переменных, а в ультрафиолетовых лучах — кривую блеска затменно-двойных звезд! Характерный для затменно-двойных звезд минимум у фазы 0,0 (или 1,0) свидетельствует о том, что мы наблюдаем систему двух звезд, обращающихся около общего центра тяжести в плоскости, наклоненной к лучу зрения под малым углом.

О двойственности системы BD + 16°516 астрономы знали и раньше. По спектрограммам, полученным на обсерватории Китт Пик, было установлено, что звезда имеет класс К0 главной последовательности, т. е. это — объект типа Солнца, но немного холоднее. В спектре отчетливо видны эмиссионные линии Н и К пониженного кальция. Необычна для такой холодной звезды исключительно высокая интенсивность непрерывного спектра в ультрафиолетовой области. По-видимому, у холодной звезды есть близкий и очень горячий спутник.

Мощное ультрафиолетовое излучение спутника разогревает окружающую к нему часть холодной звезды. Кроме того, ее атмосфера подвержена приливному воздействию спутника. Как показывают спектрограммы, линии спектра холодной звезды расширены из-за быстрого осевого вращения. Все это определяет наблюдаемый характер изменчивости блеска вне затмений. Минимум на кривой блеска появляется, когда горячая звезда проходит за холодным компонентом. Не удивительно, что глу-



Кривая блеска двойной системы BD + 16°516 в желтых и ультрафиолетовых лучах. Глубокий минимум блеска у фазы 0,0 и 1,0 заметен в ультрафиолетовых лучах и не виден в желтых

бина минимума резко увеличивается с уменьшением длины волны излучения. Ведь при затмении горячего компонента в общем излучении двойной системы существенно всего уменьшается доля коротковолнового излучения. Затмение продолжается 47 минут, причем момент первого контакта и наступление полного затмения разделяют только 55 секунд!

Б. Нельсон и А. Янг определили параметры орбиты системы двух звезд и физические характеристики компонентов. Поскольку холодная звезда — объект главной последовательности, то масса ее известна: около 0,8 солнечной. Угол наклона орбиты к лучу зрения предполагается равным нулю. Из спектроскопических наблюдений американские астрономы вычислили орбитальную скорость холодной звезды — 130 км/сек. Зная период обращения, или период изменения блеска, они оценили размеры орбиты системы. Расстояние между компонентами получилось равным трем солнечным радиусам. Теперь можно определить массу горячего компонента, т. е. массу, способную удержать холодную звезду на орбите, размеры которой уже известны. Оказалось, что масса горячего спутника мало отличается от мас-

сы главной звезды и составляет 0,6 солнечной. Но если радиус холодной звезды вполне соответствует ее массе (не менее 0,6 солнечного радиуса), то радиус горячей звезды не превышает 1,3 радиуса Земли! Иными словами, плотность горячего компонента больше плотности Солнца приблизительно в 300 000 раз, а плотности Земли — в 100 000 раз!

На кривой блеска есть еще один «слабый» минимум у фазы 0,5. Этот «вторичный минимум» наблюдается во всех лучах и, казалось, его можно связать с затмением главной звезды спутником. Однако расчеты показывают, что это не так. Горячая звезда, проходя перед холодной, не может вызвать ослабление общего блеска более чем на 0,004 звездной величины. Столь малое изменение блеска современные приборы не в состоянии зарегистрировать. Падение блеска у фазы 0,5 объясняется собственной изменчивостью блеска холодной звезды.

Эффективная температура горячего компонента около 25 000° К. Значит, это — белый карлик, а вернее, «ультрафиолетовый карлик».

М. С. ФРОЛОВ

кандидат физико-математических наук



ГЕНЕРАЛЬНАЯ АССАМБЛЕЯ МЕЖДУНАРОДНОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО И ГЕОФИЗИЧЕСКОГО СОЮЗА

С 30 июля по 14 августа 1971 г. в Москве состоится XV Генеральная ассамблея Международного геодезического и геофизического союза, которая будет самым представительным за многие годы форумом ученых, работающих в области наук о Земле. Международный геодезический и геофизический союз (МГГС) — крупнейшая организация, в которой участвуют 69 стран. Союз существует с 1919 г., его ассамблеи созываются раз в четыре года, но впервые местом проведения такой конференции стала наша страна.

В составе МГГС семь международных ассоциаций: геодезии, сейсмологии и физики недр Земли, метеорологии и физики атмосферы, геомагнетизма и аэронавтики, физических наук об океане, вулканологии и химии недр Земли и научной гидрологии, а также два комитета — по верхней мантии и цунами. Уместно напомнить, что Международная ассоциация геодезии была основана еще в 1864 г. под назва-

нием Европейское градусное измерение Земли, преобразованное позднее в Международное измерение Земли. Эта ассоциация была основой для создания Международного геодезического и геофизического союза.

На XV Генеральной ассамблее будет проведено около 40 симпозиумов. Многие из них пройдут под эгидой двух или трех ассоциаций. На таких симпозиумах будут рассматриваться комплексные явления и проблемы, возникающие на стыке разных наук.

Международный геодезический и геофизический союз уже осуществил столь значительные международные научные мероприятия, как Международный геофизический год (МГГ), Международный год спокойного Солнца (МГСС), Проект верхней мантии и ее влияние на развитие земной коры. Международный индоокеанская экспедиция. МГГС связан с Программой изучения колебания ледников. Международным гидрологическим

десятилетием, исследованиями Антарктиды. Программой исследований глобальных атмосферных процессов и другими координируемыми в мировом масштабе акциями ученых, изучающих Землю.

Полтора десятилетия мпвовало с начала космической эры. Это были годы невиданной интенсификации геофизических, геодезических, геохимических и космофизических исследований. Настало время обменяться результатами таких исследований, экспериментов, экспедиций, наметить планы на будущее.

Организационный комитет XV Генеральной ассамблеи МГГС возглавляет вице-президент АН СССР академик А. П. Виноградов. Среди членов комитета известные всем геофизикам имена: член-корреспондент АН СССР В. В. Белоусов (заместитель председателя), член-корреспондент АН СССР А. П. Капица (заместитель председателя), член-корреспондент АН СССР Ю. Д. Булавка, член-корреспондент АН СССР В. А. Магницкий, член-корреспондент АН СССР В. В. Фединский и многие другие.

Организационный комитет за 1970 год и первую половину 1971 года проделал огромную работу, чтобы тщательно подготовить и успешно провести ассамблею.

Б. И. СИЛКИН

ПОПРАВКА

Редакция приносит извинение за то, что в рисунке на стр. 18 перепутаны цвета стрелок и на стр. 19 перевернут рисунок.

Орган Секции физико-технических и математических наук,
Секции наук о Земле Президиума Академии наук СССР
и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

Научно-популярный журнал
«ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ»

Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физ.-мат. наук Д. Я. МАРТЫНОВ
Зам. главного редактора кандидат физ.-мат. наук М. Г. КРОШКИН
Ответственный секретарь кандидат пед. наук Е. П. ЛЕВИТАН
Член-корреспондент АН СССР Г. А. АВСЮК, доктор географических наук
А. А. АКСЕНОВ, кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, член-корреспондент АН СССР Ю. Д. БУЛАНКЕ, доктор техн. наук А. А. ИЗОТОВ, доктор физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, доктор географических наук В. Г. КОРТ, доктор физ.-мат. наук Р. В. КУНИЦКИЙ, доктор физ.-мат. наук Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-мат. наук Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, доктор физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, доктор физ.-мат. наук Г. Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, доктор техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ, академик В. Г. ФЕСЕНКОВ, доктор геол.-мин. наук Ю. М. ШЕЙНМАНН



Адрес редакции: Москва, 117333,
Ленинский пр., д. 61/1
тел. 135-64-81
135-63-08

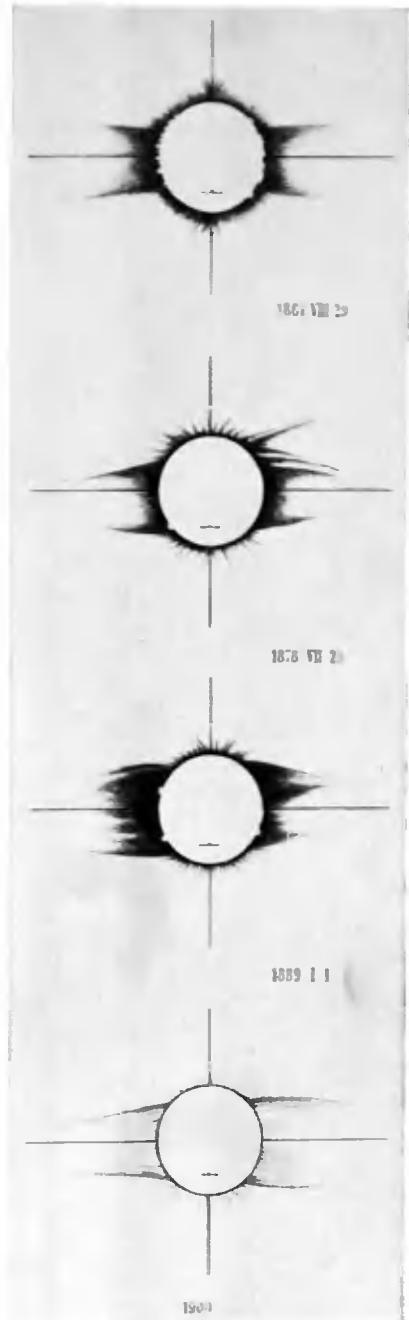
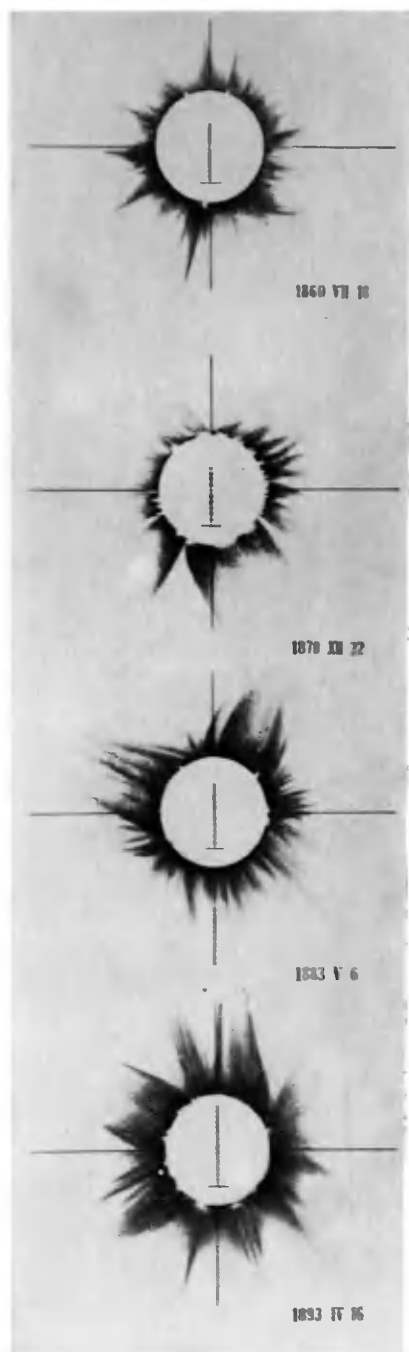
Художественный редактор
Л. Я. Шимкина

Корректоры:
С. М. Кристьянколер
Г. Н. Нелидова

При перепечатке ссылка на журнал «Земля и Вселенная» обязательна

2-я типография издательства «Наука», Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

T-37269. Подписано в печать 6.V.1971 г.
Формат бум. 84X108/16. Печ. л. 6,0 (10,00)
Уч.-изд. л. 10,3 Бум. л. 3,0
Цена 40 коп. Заказ 1843. Тираж 41 500 экз.



Солнечная корона в эпохи максимума (слева) и минимума (справа). Рисунки сделаны А. П. Ганским по фотографиям короны, полученным во время солнечных затмений. На основании этого материала А. П. Ганский предсказал форму короны в 1900 г. [внизу, справа]

Цена 40 коп.

Индекс 70336



Издательство
«Наука»

Геофизическая ракета «Вертикаль-1» на стартовом устройстве